

# AZ ELMÉLET ÉS A GYAKORLAT TALÁLKOZÁSA A TÉRINFORMATIKÁBAN

VII.

THEORY MEETS PRACTICE IN GIS



Szerkesztette:

**Dr. Balázs Boglárka**

Technikai szerkesztők:

Szentesi Andrea, Varga Orsolya Gyöngyi,  
Bertalan László, Barkóczi Norbert Gábor

ISBN 978-963-318-570-4

*Lektorálták:*

**Dr. Burai Péter, Dr. Csorba Péter, Kákonyi Gábor,  
Dr. Kerényi Attila, Dr. Kozma Gábor, Pajna Sándor,  
Dr. Pázmányi Sándor, Dr. Rózsa Péter, Dr. Sik András, Dr. Siki Zoltán,  
Dr. Szabó György (DE), Dr. Szabó József (DE), Dr. Szabó Szilárd**

A kötet a 2016. május 26-27 között Debrecenben megrendezett  
Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás előadásait tartalmazza.

A közlemények tartalmáért a szerzők a felelősek.

*A konferenciát szervezte:*

A Debreceni Egyetem Földtudományi Intézete,  
az MTA Földrajzi Tudományos Bizottság Geoinformatikai Albizottsága,  
az MTA DAB Környezettudományi Bizottsága,  
a HUNAGI és az eKÖZIG Zrt.



Debrecen Egyetemi Kiadó  
Debrecen University Press

Készült  
Kapitális Nyomdaipari Kft.  
Felelős vezető: ifj. Kapusi József  
Debrecen  
2016



## Tartalomjegyzék

A konferencia résztvevőinek név- és címjegyzéke	9
Program	15
<b>Előadások</b>	
Szabó György–Barkóczi Zsolt–Mikus Dezső–Takács András Attila– Wirth Ervin: Nemzeti Téradat Infrastruktúrák nemzetközi bevezetési tapasztalatai	25
Béla Márkus: Geoinformatics: Need to know	33
Abdurahmanov Ilhom: Time-series analysis of Landsat imagery for monitoring grazing impact in a rangeland ecosystem in Forish district, Uzbekistan	41
Balla Dániel – Márta László – Boda Péter – Barkóczi Norbert – Novák Tibor – Zichar Marianna: Szabad hozzáférésű térbeli adatbázisok geovizualizációja	49
Balogh Márton – Kiss Tímea – Fiala Károly: Folyóhátak térbeli jellegzetességei LiDAR felvételek alapján	55
Barkóczi Norbert Gábor – Szabó Gergely: Horizontális hiba vizsgálata fotogrammetriai úton előállított ortofotó esetén	63
Bekő László – Enyedi Péter – Kiss Alida – Lucas Grégory – Lukácsy György: Szőlő termőhely térképezés légi távérzékelési módszerekkel	69
Dávid Berke: Application oriented analysis of remote sensed data sets	75
Berke József – Enyedi Attila – Berke Dávid – Ocskai Zsolt – Major Krisztina: Nagyfelbontású légifelvételek képalkotó eljárásainak összehasonlító elemzése	83
Bertalan László – Kovács Zoltán – Szabó Gergely: A Sajó mederfejlődési dinamikájának vizsgálata térinformatika-alapú morfometriai elemzések alapján	91
Boros Lajos – Pál Viktor – Dudás Gábor: A budapesti közösségi szállásadás vizsgálata térinformatikai módszerekkel	99
Buday Tamás: Geotermikus hőszivattyús rendszerek primeroldali kiepíthetőségének térinformatikai vizsgálata városi területeken	107
Burai Péter – Hunyadi Gergely – Lénárt Csaba - Tomor Tamás: Légi hiperspektrális technológia alkalmazása az anyagvizsgálatban	115
Chrabák Péter – Garamvölgyi Ernő – Bodnárné Sándor Renáta: SmartGround projekt – adatintegrációs platform a másodnyersanyagok hasznosításáért	121
Czibalmos Róbert: Helyspecifikus gazdálkodás alkalmazásának lehetőségei a forgatás nélküli művelésben Karcagon	127
Csemez Gábor: (Át)változás	135

Deák Attila: A visegrádi országok energetikai helyzetének vizsgálata kartografikus eszközökkel	139
Farkas Gábor: Egy általános célú szabad forrású Web GIS lehetőségei	145
Gál Zoltán: Kommunikációs technikák a robotrajoknál	153
Gálya Bernadett – Riczu Péter – Blaskó Lajos – Tamás János: Belvíz érzékenység vizsgálata radar adatok alapján	161
Gede Mátyás: Tematikus térképek Cesiummal	169
Gyenizse Péter – Morva Tamás: Új szempontok Pécs belterületének természetföldrajzi minősítéséhez	177
Hegyessy Csaba – Berke József: Kintlévőség kezelés támogatása térinformatikai eszközökkel	185
Józsa Edina – Szeberényi József: Geomorfometriai vizsgálatok a tektonika domborzatra gyakorolt hatásainak feltárására borsosnyói mintaterületen	193
Juhász Géza Péter – Vellai Viktória: A TeIR területi tervezést támogató térinformatikai alkalmazásai	201
Anita Karika – Dániel Balla – Gergely Szabó: A comparative accuracy analysis on combined GPS/GLONASS/EGNOS	207
Kiss Balázs: Gémeskutak geoinformatikai adatbázisának kialakítása egy alföldi mintaterületen	213
Kiss Levente – Ladányi Richárd: Úton a Smart City felé. Alternatív energiaforrás becslése GIS támogatással	221
Kohán Balázs – Deák Márton – Mészáros János – Nagy Balázs – Szabó Judit – Szalai Zoltán: Ártéri domborzatfelmérés és előtérképzés: gyorsan, hatékonyan és pontosan – a helyi árvíz védekezés érdekében	229
Koma Zsófia – Deák Márton – Kovács József – Standovár Tibor – Kelemen Kristóf – Székely Balázs – Kohán Balázs: Alacsony pontsűrűségű LiDAR adatok optimális osztályszámának meghatározása CCDA alkalmazásával erdészeti felméréspéldáján	237
Kovács Károly – Dobos Endre – Gál Szabó Lajos – Vadnai Péter: Talajképző laza üledékek térképezése domborzatmodell alapján	245
Kovács Zoltán – Szabó Szilárd: HypDA: MS Excel bővítmény spektrális adatok felhasználásához	251
Kovalcsik Tamás – Vida György – Mucsi László: A Csongrád megyei országgyűlési választókerületek geoinformatikai elemzése a 2014- es eredmények alapján	257
Anikó Kozics: Detecting salt berms on the Hortobágy from ALS data	265
Kozma-Bognár Veronika – Magyary Vanda – Berke József: Ultrahang felbontású légifelvétel multitemporális elemzése	271
Kurtyák Ádám – Turi Zoltán: Űrfelvétel alapú változásvizsgálat egy kárpátjai mintaterületen	279
Labonczné Fehér Katalin: Üzleti térinformatikai megoldások – célok és lehetőségek	287

Lellei László – Kari Szabolcs – Sik András – Riedel Miklós Márton: BIM a térinformatikában	295
Máté Klaudia: A térinformatika alkalmazási lehetőségei az agrár-környezetvédelemben	303
Mester Tamás – Szabó György – Balla Dániel – Karancsi Gergő – Szabó Gergely – Tóth Csaba: Egy nem zárt rendszerű szennyvízakna talajvízszintre gyakorolt hatásának vizsgálata	311
Monori Fanny – Besenczi Renátó – Bátfai Norbert: Forgalom szimulációs platform nyílt térképi adatbázisokon	319
Morva Tamás – Gyenizse Péter: Keszthely lakott területének természetföldrajzi szempontú minősítése	325
Nagy Gábor – Czigány Szabolcs – Ronczyk Levente – Magyar Elisabeth – Halmai Ákos – Pirkhoffer Ervin: Földi csapadékadatok új megközelítésű interpretációja távérzékelési módszerek felhasználásával	333
Nagy Gábor: Térinformatikai adatok véletlenszerű generálása oktatási célokra	339
Neuberger Hajnalka – Juhász Attila: Objektum detektálás LiDAR adatokból a pontsűrűség függvényében	345
Ormanova Gulden: Geomorphology and pollution: the environmental impacts of the copper mining deposits (Dzhezkazgan, Central Kazakhstan)	353
Pajna Sándor – Pázmányi Sándor: Az eKÖZIG Zrt. és a folyamatosan változó térinformatika	361
Pálinkás Melinda – Kertész Ádám – Tóth Adrienn: Tájécsztétikai értékelés Magyarország területén térinformatikai módszerek segítségével	369
Pénzes János – Hegedűs László: A területfejlesztés kedvezményezett településeinek vizsgálata térinformatikai eszközökkel	381
Plásztán József Zsolt – Csajbók Zoltán – Tóth Csaba Albert: Archiv légifelvétel alapú morfológiai vizsgálatok a Berettyó folyó hazai szakaszán	387
Pődör Andrea – Rácskai Patrik: A bűnözéstől való félelem mérése egy webalkalmazás segítségével	395
Riczu Péter – Gálya Bernadett – Gombosné Nagy Ildikó – Blaskó Lajos – Tamás János: A Tisza-tó vizsgálata légi LiDAR adatok alapján	405
Schlosser Aletta Dóra: Fotorealistikus megjelenítés Esri CityEngine szoftverben	413
Shokirov Shukhrat – Geza Kiraly: Object based image analysis for forest health assessment	419
Siki Zoltán: Nyílt forráskódú GIS az oktatásban	427
Stenzel Sándor: A valós világtól, a virtuális valóságig	433
Szabó György – Bessenyei Éva – Hajnal Andor – Csige István – Mester Tamás: A szennyezésterjedés modellezése egy kelet-magyarországi szennyvízleürítő példáján	439

Szabó Loránd – Szabó Szilárd: Felszínborítás-változás a Tisza-tó területén az elmúlt évtized távérzékelési adatai tükrében	447
Szabó Zsuzsanna – Szabó Szilárd – Tomor Tamás: Előzetes eredmények a hullámtéri formaelemek LiDAR alapú meghatározásáról	455
Szalóki Annamária – Szabó Szilárd: Talajtulajdonságok térbeli eloszlásának vizsgálata determinisztikus és sztochasztikus módszerek segítségével	457
Takács Katalin – Laborczi Annamária – Szatmári Gábor – Bakacsi Zsófia – Szabó József – Tóth Tibor – Pásztor László: Célspecifikus digitális talajtérképek a hátrányos természeti adottságokkal rendelkező területek lehatárolásához	463
Türk Gábor – Balázs Boglárka – Fehérné Baranyai Edina: Vízhatalóság és medermorfológia vizsgálata egy Felső-Tisza menti holtmederben	471
Ungvári Zsuzsanna: Az automatizált térképi generalizálás bevezetésének lehetőségei a szakmai, felsőfokú oktatásban: eddigi tapasztalatok, jövőbeli célok	479
Utasi Zoltán: Kataszteri térképek adatminősége és feldolgozási lehetőségei a térinformatikai adatbázisban	487
Vámosi Attila – Kulcsár Balázs – Kiss Bacsó László: A Debreceni Egyetem Műszaki Karának térinformatikai modellje	495
Boudewijn van Leeuwen – Zsuzsanna Ládanyi – Dániel Bátori: Medium resolution satellite data based estimation of phenology and productivity parameters for drought monitoring	499
Varga Orsolya Gyöngyi – Szabó Szilárd: A felszínborítás modellezésének pontosságvizsgálata Corine Land Cover rétegek alapján CA-Markov módszerrel	507
Zentai László: Térképészet 2.0: GIS+Kartográfia	515
Zheentaev Erik: Application of remote sensing technologies for the environmental impact analysis in Kumtor gold mining	523
Marianna Zichar: GIS support of digital forensics	533
<b>Posztterek</b>	539
Dániel Balla – Krisztina Makai – Gergő Karancsi – László Márta – Péter Boda – Norbert Barkóczi – Marianna Zichar – Tibor Novák: Examination of the spatial heterogeneity of the soil conditions in a plow field with GIS tools	539
Bertalan László – Barkóczi Norbert – Szabó Gergely: Fényképekből generált felszínmodellek lehetőségei Kereskedelmi és OpenSource szoftver-környezetben (Agisoft Photoscan vs. VisualSFM)	541
Bertalan László – Szeghalmy Szilvia – Barkóczi Norbert – Szabó Gergely: Xbox Kinect szenzor alkalmazási lehetőségei a felszínmodellezésben	542
Bertalan László – Szabó Gergely: Erózió-akkumuláció a Sajó kanyarulatai mentén egy UAV szemszögéből	543

Burai Sarolta: Geoinformatikai módszerek alkalmazása a településföldrajzi kutatásokban	544
Encs Balázs – McIntosh Richard William: Közetfizikai paraméterek becslése terepi mérések és digitalizált adatok alapján	545
Faragó Enikő: 3D modell építés Szarvas környéki mélyfúrások alapján	546
Hegyi Balázs – Ruszkai Csaba – Nagy Richárd: A térinformatikai alapú termőhelyelemzés nemzetközi mód-szertani összehasonlítása	547
Kertész Ádám– Pálinkás Melinda – Tóth Adrien: Térinformatikai alkalmazások a tájértékelésben	548
Kocsis Károly – Agárdi Norbert– Koczó Fanni–Mezei Gáspár – Nemerkenyi Zsombor– Szabó Renáta: MNA alaptérképétől a Web GIS-ig	549
Máté Kornél: Geotechnikai és közetmechanikai adatok téradatbázisba integrálásának folyamata nyílt forráskódú eszközökkel a radioaktív hulladék elhelyezési vizsgálatokhoz kötődően	550
Munkácsy Béla – Havas Márton – Harmat Ádám: A sűrített levegős energiatárolás perspektívái egy fenntartható energiarendszerben	551
Nagy Bálint: Egy kisvízfolyás hidrológiai modelljének kiépítése HEC-RAS környezetben	552
Nagy Richárd – Ruszkai Csaba – Molják Sándor – Hegyi Balázs: Novaj község térinformatikai alapú agroökológiai döntéstámogató rendszere	553
Petróczi Tamás: A térinformatika alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata Pétervására vonzaskörzetében	554
Schlachter Gabriella: A csillagászati ismeretek megjelenése a közoktatásban	555
Szegedi Sándor – Lázár István – Papp László – Tóth Tamás: A 2015-ös debreceni nyári hőhullámok vizsgálata	556
<b>Mellékletek</b>	557
<b>Szponzorok és kiállítók</b>	575



## A konferencia résztvevőinek név- és címjegyzéke

Andrási Bence	Debreceni Egyetem	andrasibence.geo@gmail.com
Bakacsi Zsófia	MTA ATK TAKI	zsofi@rissac.hu
Bakos Károly Livius	FÖMI	bakos.karoly@fomi.hu
Balázs Boglárka	Debreceni Egyetem	geogis.bb@gmail.com
Balla Dániel	Debreceni Egyetem	balla.daniel@science.unideb.hu
Balogh Márton	SZTE	baloghmarton.geo@gmail.com
Barkóczi Norbert Gábor	Debreceni Egyetem	norbert.barkoczi@gmail.com
Barkóczi Zsolt	HUNAGI	barkoczizsolt@live.com
Barsy Dezső	MH GEOSZ	barsy.dezso@mhtehi.gov.hu
Bay-Széplaki Ágnes	eKÖZIG Zrt.	agnes.szeplaki@ekozig.hu
Bekő László	Károly Róbert Főiskola	ifj.beko.laszlo@gmail.com
Benedek Csaba	MTA SZTAKI	benedek.csaba@sztaki.mta.hu
Berke Dávid	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem	berked@hit.bme.hu
Berke József	Gábor Dénes Főiskola	berke@gdf.hu
Bertalan László	Debreceni Egyetem	bertalan@science.unideb.hu
Boda Péter	Debreceni Egyetem	bodapeti@gmail.hu
Boros Lajos	SZTE	borosl@geo.u-szeged.hu
Braunmüller Péter	FÖMI	braunmuller.peter@fomi.hu
Buday Tamás	Debreceni Egyetem	buday.tamas@science.unideb.hu
Burai Péter	Károly Róbert Főiskola	pburai@gmail.com
Burai Sarolta	Debreceni Egyetem	buraisarolta@gmail.com
Chrabák Péter	Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.	peter.chrabak@bayzoltan.hu
Czibalmos Róbert	DE ATK Karcagi Kutatóintézet	rczimb@agr.unideb.hu
Csábi Zoltán	Leica Geosystems Hungary	zoltan.csabi@leica-geosystems.com
Cseh-Szombathy Péter	Naviscon Zrt.	peter.cseh-szombathy@naviscon.hu
Csemez Gábor	GeoX Térinformatikai Kft.	csemez@geox.hu
Cseri József	Nemzeti Kataszteri Program Nonprofit Kft.	info@nkp-kft.hu
Csige Sándor	CAD+Inform Kft.	sandor.csige@cadi.hu
Csorba Péter	Debreceni Egyetem	csorba.peter@science.unideb.hu
Csörgits Péter	Geodézia Zrt.	csorgits.peter@geodezia.hu

Deák Attila	Debreceni Egyetem	deakatesz@freemail.hu
Deák Márton	ELTE	dmarton@elte.hu
Dobos Zsófia	ELIOS Innovatív Zrt.	virag.anna@elios.hu
Dudás Gábor	SZTE	dudasgabor5@gmail.com
Encs Balázs	Debreceni Egyetem	encsbalazs@gmail.com
Enyedi Attila	Gábor Dénes Főiskola	mail@attilaenyedi.com
Enyedi Péter	Envirosense Hungary Kft.	enyedipeti@gmail.com
Erik Zheentaev	NymE EMK	erik_jeentaev@yahoo.com
Faragó Enikő	Debreceni Egyetem	lisanie@freemail.hu
Farkas Gábor	PTE TTK	randal73@gamma.ttk.pte.hu
Farkas-Iványi Kinga	MTA ATK TAKI	friki@rissac.hu
Fehér Katalin	GeoX Térinformatikai Kft.	feher@geox.hu
Fekete Gyula Szabolcs	Budapest Közút Zrt.	gyula.fekete@budapestkozut.hu
Gál Zoltán	Debreceni Egyetem Szuperszámítógép Központ	zgal@unideb.hu
Gálya Bernadett	Víz-és Környezetgazdálkodási Intézet	bernadett.galya@agr.unideb.hu
Gede Mátyás	ELTE	saman@map.elte.hu
Gulden Ormanova	NymE EMK	gulden_09@mail.ru
Gyenizse Péter	PTE TTK	gyenizse@gamma.ttk.pte.hu
Hajnal Andor	Debreceni Egyetem	handor@mailbox.unideb.hu
Hajzer Károly	Belügyminisztérium	
Harsányi Melinda	FÖMI	harsanyi.melinda@fomi.hu
Havas Gergely	Nemzeti Mobilfizetési Zrt.	havas.gergely@nemzetimobilfizetes.hu
Havas Márton	ELTE	renewable.energy.havas@gmail.com
Hegyessy Csaba	Gábor Dénes Főiskola	hegyessycs@gmail.com
Hegyi Balázs	Eszterházy Károly Főiskola	hegyi.balazs@ektf.hu
Herschman Tamás	Gyermekekkel a Természetért Egyesület	herschmi@gmail.com
Horváth Balázs	KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.	horvath.balazs@kti.hu
Hunyadi Gergely	Envirosense Hungary Kft.	ghunyadi@gmail.com
Ilhom Abdurahmanov	NymE EMK	ilhom.isakovich@gmail.com
Józsa Edina	PTE TTK	edina.j0zs4@gmail.com
Juhász Attila	BME-FMT	juhasz.attila@epito.bme.hu



Juhász Géza Péter	Lechner Nonprofit Kft.	geza.juhasz@lechnerkozpont.hu
Kákonyi Gábor	GeIQ kft.	kakonyi@geoiq.hu
Karika Anita	Debreceni Egyetem	karika.anita@gmail.com
Kerényi Attila	Debreceni Egyetem	kerenyi.attila@science.unideb.hu
Kertész Ádám	MTA CSFK FI	kertesza@iif.hu
Kisréti Ákos	Budapest Közút Zrt.	akos.kisreti@budapestkozut.hu
Kiss Alida	Károly Róbert Főiskola	kiss.alida@gmail.com
Kiss Balázs	Debreceni Egyetem	kubu0222@gmail.com
Kiss Levente	Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.	levente.kiss@bayzoltan.hu
Kocsmárik János	Axiál Kft.	kocsmarikj@axial.hu
Kohán Balázs	ELTE	balazs.kohan@gmail.com
Kolesár András	FÖMI	kolesar.andras@fomi.hu
Konczos Tibor	Naviscon Zrt.	tibor.konczos@naviscon.hu
Koós Tamás	MH GEOSZ	koos.tamas@mil.hu
Kovács Béla	ELTE	gps@map.elte.hu
Kovács Kálmán	BME Egyesült Innovációs és Tudásközpont	kovacs_k@mail.bme.hu
Kovács Károly Zoltán	Miskolci Egyetem	ecocares@uni-miskolc.hu
Kovács Péter	Budapest Közút Zrt.	peter.kovacs@budapestkozut.hu
Kovács Zoltán	Debreceni Egyetem	kovacs_zoli88.geo@gmail.com
Kozics Anikó	Debreceni Egyetem	kozics.aniko@gmail.com
Kozma Gábor	Debreceni Egyetem	kozma.gabor@science.unideb.hu
Kristóf Dániel	FÖMI	kristof.daniel@fomi.hu
Kurtyák Ádám	Debreceni Egyetem	adamch4@kmf.uz.ua
Laborczy Annamária	MTA ATK TAKI	laborczy@rissac.hu
Ladányi Richárd	Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.	richard.ladanyi@bayzoltan.hu
Lázár István	Debreceni Egyetem	lazar.istvan@science.unideb.hu
Lázár Lajos	Budapest Közút Zrt.	lajos.lazar@budapestkozut.hu
Lehoczki Róbert	FÖMI	lehoczki.robert@fomi.hu
Lellei László	Lechner Nonprofit Kft.	laszlo.ellei@lechnerkozpont.hu
Lénárt Csaba	Károly Róbert Főiskola	cslenart@karolyrobert.hu
Lóki József	Debreceni Egyetem	loki.jozsef@science.unideb.hu
Lucas Grégory	Envirosense Hungary Kft.	gregory.luc4s@gmail.com
Lucas-Harbula Éva	FÖMI	harbula.eva@fomi.hu

Magos Gábor	MindiGIS Kft.	gabor.magos@mindigis.hu
Márkus Béla	NymE EMK	markusbela@gmail.com
Márta László	Debreceni Egyetem	mlaci2093@gmail.com
Máté Klaudia	Szent István Egyetem	mate.klaudia@gmail.com
Máté Kornél	PTE TTK	matekornel@gmail.com
Meixner Zsolt	ELIOS Innovatív Zrt.	dobos.zsofia@elios.hu
Mester Tamás	Debreceni Egyetem	mester.tamas@science.unideb.hu
Mészáros György	FÖMI	meszaros.gyorgy@fomi.hu
Miszori Krisztián	DigiTerra Informatikai Szolgáltató Kft.	bertalan.emese@digiterro.hu
Molják Sándor	Eszterházy Károly Főiskola	geo.bb@mailbox.hu
Monori Fanny	Debreceni Egyetem	fannymonori@gmail.com
Morva Tamás	PTE TTK	morvatamas@gmail.com
Nagy Bálint	Debreceni Egyetem	nb.geo.1994@gmail.com
Nagy Gábor	PTE TTK	gnagy@gamma.ttk.pte.hu
Nagy Gábor	Óbudai Egyetem AMK GEO	nagy.gabor@amk.uni-obuda.hu
Nagy Gábor László	MÁV Szolgáltató Központ Zrt	treszkai.judit@mav-szk.hu
Nagy Richárd	Eszterházy Károly Főiskola	nagy.richard83@gmail.com
Négyesi Gábor	Debreceni Egyetem	gnegyesi80@gmail.com
Neuberger Hajnalka	BME-FMT	neuberger.hajnalka@epito.bme.hu
Ónodi Zsolt	Lechner Nonprofit Kft.	zsolt.onodi@lechnerkozpont.hu
Pajna Sándor	eKÖZIG Zrt.	ekozig@ekozig.hu
Pálincás Melinda	MTA CSFK FI	m.plinka@gmail.com
Pallos Péter	Leica Geosystems Hungary	peter.pallos@leica-geosystems.com
Pálóczi Ágnes	Debreceni Egyetem	palocziagnes89@gmail.com
Pálóczi Gábor	Debreceni Egyetem	paloczig@gmail.com
Pásztor László	MTA ATK TAKI	pasztor@rissac.hu
Pataki Károly	GEODÉZIA Zrt.	pataki.karoly@geodezia.hu
Pázmányi Sándor	eKÖZIG Zrt.	sandor.pazmanyi@ekozig.hu
Péger Ádám	MH GEOSZ	peger.adam@mhtehi.gov.hu
Pénzes János	Debreceni Egyetem	penzes.janos@science.unideb.hu
Petrányi Bernadett	FÖMI	petranyi.bernadett@fomi.hu
Petróczi Tamás	Debreceni Egyetem	petroczi1993@gmail.com
Pfaff András	Magyar Posta Zrt.	pfaff.andras@posta.hu
Pirkhoffer Ervin	PTE TTK	pirkhoff@gamma.ttk.pte.hu
Plasztán József Zsolt	Debreceni Egyetem	plasztanj@gmail.com
Pődör Andrea	Óbudai Egyetem AMK GEO	podor.andrea@amk.uni-obuda.hu

Rehorovics Gyula	FÖMI	rehorovics.gyula@fomi.hu
Rózsa Péter	Debreceni Egyetem	rozsa.peter@science.unideb.hu
Schlachter Gabriella	Debreceni Egyetem	sgabriella0326@gmail.com
Schlosser Aletta Dóra	Debreceni Egyetem	sch.aletta@gmail.com
Shukhrat Shokirov	NymE EMK	shukhrat811@gmail.com
Sieglerné Matus Judit	MTA ATK TAKI	judit@rissac.hu
Sik András	Lechner Nonprofit Kft.	andras.sik@lechnerkozpont.hu
Siki Zoltán	BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék	siki@agt.bme.hu
Stenzel Sándor	Geodézia Zrt.	stenzel.sandor@geodezia.hu
Szabó Krisztina	GDi Esri Magyarország Kft.	krisztina.szabo@gdiesri.hu
Szabó Gergely	Debreceni Egyetem	szabo.gergely@science.unideb.hu
Szabó György	Debreceni Egyetem	gyszabo555@gmail.com
Szabó József	CadMap Kft.	szabo.jozsef@cadmap.hu
Szabó József	Debreceni Egyetem	szabo.jozsef@science.unideb.hu
Szabó Loránd	Debreceni Egyetem	slori567@gmail.com
Szabó Renáta	MTA CSFK FI	szabo.renata@csfk.mta.hu
Szabó Szilárd	Debreceni Egyetem	szabo.szilard@science.unideb.hu
Szabó Zsuzsanna	Debreceni Egyetem	zs.szabozsuzsa@gmail.com
Szalóki Annamária	Debreceni Egyetem	szaloki.annamaria@gmail.com
Szatmári Gábor	MTA ATK TAKI	szatmari@rissac.hu
Szentesi Andrea	Debreceni Egyetem	szentesi.andrea@science.unideb.hu
Szentpáli Áron Zsolt	Magyar Posta Zrt.	Szentpali.AronZsolt@posta.hu
Szloszjár Gábor	ELIOS Innovatív Zrt.	szloszjar.gabor@elios.hu
Szücs Kálmán	Naviscon Zrt.	kalman.szucs@naviscon.hu
Takács Katalin	MTA ATK TAKI	takacs.katalin@rissac.hu
Tomor Tamás	Károly Róbert Főiskola	tomor@karolyrobert.hu
Tóth Csaba Albert	Debreceni Egyetem	toth.csaba@science.unideb.hu
Trudics Gabriella	CadMap Kft.	trudics.gabi@cadmap.hu
Turcsánné Tóth Zsuzsa	FÖMI	turcsan.zsuzsa@fomi.hu
Túri Zoltán	Debreceni Egyetem	turi.zoltan@science.unideb.hu
Türk Gábor	Debreceni Egyetem	trkgbr87@gmail.com
Ungvári Zsuzsanna	ELTE	ungvarizs@map.elte.hu
Utasi Zoltán	Eszterházy Károly Főiskola	utazo74@gmail.com

Váczy Attila	Nemzeti Kataszteri Program Nonprofit Kft.	<a href="mailto:vaczy@nkp-kft.hu">vaczy@nkp-kft.hu</a>
Vámosi Attila	Debreceni Egyetem Műszaki Kar	<a href="mailto:vamosi.attila@eng.unideb.hu">vamosi.attila@eng.unideb.hu</a>
Van Leeuwen Boudewijn	SZTE	<a href="mailto:leeuwen@geo.u-szeged.hu">leeuwen@geo.u-szeged.hu</a>
Varga Ágnes	Budapesti Corvinus Egyetem	<a href="mailto:varga.agi14@gmail.com">varga.agi14@gmail.com</a>
Varga Felicián	FÖMI	<a href="mailto:varga.felician@fomi.hu">varga.felician@fomi.hu</a>
Varga Orsolya Gyöngyi	Debreceni Egyetem	<a href="mailto:varga.orsolya.gyongyi@gmail.com">varga.orsolya.gyongyi@gmail.com</a>
Vellai Viktória	Lechner Nonprofit Kft.	<a href="mailto:viktoria.vellai@lechnerkozpont.hu">viktoria.vellai@lechnerkozpont.hu</a>
Vida György	SZTE	<a href="mailto:vidagyorgy.vida@gmail.com">vidagyorgy.vida@gmail.com</a>
Vízhányó József	GDi Esri Magyarország Kft.	<a href="mailto:jozsef.vizhanyo@gdiesri.hu">jozsef.vizhanyo@gdiesri.hu</a>
Zentai László	ELTE	<a href="mailto:lzentai@caesar.elte.hu">lzentai@caesar.elte.hu</a>
Zichar Marianna	Debreceni Egyetem	<a href="mailto:zichar.marianna@inf.unideb.hu">zichar.marianna@inf.unideb.hu</a>

## **Program**

**2016. május 26.**

### **REGISZTRÁCIÓ**

**8:00-TÓL DEBRECENI EGYETEM FŐÉPÜLET**

**10:15 – 10:30 MEGNYITÓ**  
**AULA (FŐÉPÜLET II. EMELET)**

### **PLENÁRIS ELŐADÁSOK**

- 10:30–10:50 **Hajzer Károly:** E-közigazgatás a Kormányzatban  
(Informatikai Helyettes Államtitkár)
- 10:50–11:10 **Cseri József:** A részarány földkiadás során keletkezett osztatlan közös tulajdon megszüntetése I. és II. ütem végrehajtásának tapasztalatai  
(Nemzeti Kataszteri Program Nonprofit Kft. igazgató)
- 11:10–11:20 **Prof. Dr. Márkus Béla:** Térinformatika – amit tudni kell  
(NYME)
- 11:20–11:30 **Barkóczy Zsolt:** Nemzeti Téradat Infrastruktúrák nemzetközi bevezetési tapasztalatai  
(HUNAGI elnök)
- 11:30–11:50 **Csörgits Péter:** Geodézia Zrt. – Nyitás a világra  
(Geodézia Zrt. főmérnök)

**12:00 – 12:45 SZAKKIÁLLÍTÁS MEGNYITÓJA, KIÁLLÍTÓK BEMUTATKOZÁSA**  
**(DÍSZUDVAR - FŐÉPÜLET FÖLDSZINT)**

**12:45 – 13:30 EBÉDSZÜNET (NAGYERDEI ÉTTEREM - FŐÉPÜLET MÖGÖTT)**

### **SZEKCIÓÜLÉSEK**

**13:45–16:00 GI-N2K workshop**  
**FŐÉPÜLET földszint I. terem**

**Moderátor:**

**Prof. Dr. Bela Markus**

**GI-N2K - GIS&T Body of Knowledge v2.eu.**  
**Geoinformatics: Need to know**

### **Felkért hozzászólók:**

**Andrea Pödör:** VirLaBoK - a teacher perspective

**László Zentai:** Body of knowledge and cartography

**Ilhom Abdurahmanov:** GIS&T BoK - a student perspective

**Gulden Ormanova:** Using GIS&T BoK in learning Geography

**Shukhrat Shokirov:** Development of an MSc programme in Geomatics

**Erik Zheentaev:** Planning capacity building in an Environmental Agency

## **2. szekció: Smart City / Városi GIS**

FŐÉPÜLET földszint II. terem

**Moderátor:**

**Dr. Sik András**

- 13.45–14.05 **Chrabák Péter – Garamvölgyi Ernő – Bodnárné Sándor Renáta:**  
Smart Ground projekt – adatintegrációs platform a másod-nyersanyagok hasznosításáért
- 14.05–14.25 **Juhász Géza Péter – Vellai Viktória:** A TeIR területi tervezést támogató térinformatikai alkalmazásai
- 14.25–14.45 **Kiss Levente:** Úton a Smart City felé. Alternatív energiaforrás becslése GIS támogatással.
- 14.45–15.05 **Benedek Csaba – Jankó Zsolt:** Virtuális városrekonstrukció légi és földi adatforrások felhasználásával
- 15.05–15.25 **Enyedi Péter – Bekő László – Tomor Tamás – Lénárt Csaba:** LIDAR és ortofotó. Alapadattól Városi GIS megoldások
- 15.25–15.45 **Gyenyizse Péter – Morva Tamás:** Új szempontok Pécs belterületének természetföldrajzi minősítéséhez
- 15.45–16.05 **Lellei László – Kari Szabolcs – Sik András – Riedel Miklós Márton:**  
BIM a térinformatikában

## **3. szekció: Környezeti alkalmazások a térinformatikában**

FŐÉPÜLET földszint III. terem

**Moderátor:**

**Pajna Sándor**

- 13.45–14.05 **Máté Klaudia:** A térinformatika alkalmazási lehetőségei az agrár-környezetvédelemben
- 14.05–14.25 **Mester Tamás – Szabó György – Balla Dániel – Karancsi Gergő – Szabó Gergely – Tóth Csaba:** Egy nem zárt rendszerű szennyvízakna talajvízszintre gyakorolt hatásának vizsgálata
- 14.25–14.45 **Józsa Edina – Szeberényi József:** Geomorfometriai vizsgálatok a tektonika domborzatra gyakorolt hatásainak feltárására borsónyi mintaterületen
- 14.45–15.05 **Herschman Tamás:** Magyarország forrásvíz adatbázisa
- 15.05–15.25 **Kiss Balázs:** Gémeskutak állapotfelmérése és környezeti értékelése alföldi mintaterületeken
- 15.25–15.45 **Szabó György – Bessenyei Éva – Hajnal Andor – Csige István – Mester Tamás:** Szennyvezérelési modellezése egy kelet-magyarországi szennyvízleürítő példáján
- 15.45–16.05 **Pajna Sándor – Pázmányi Sándor:** Az eKÖZIG Zrt. és a folyamatosan változó térinformatika

**4. szekció: Korszerű térinformatikai technológiák és módszerek**  
FŐÉPÜLET földszint 5. (multifunkciós) terem

**Moderátor:**  
**Kákonyi Gábor**

- 13:45–14:05 **Pallos Péter:** Új technológiák a Leica-tól a GIS szegmensben  
14.05–14.25 **Csemez Gábor:** (Át)változás  
14.25–14.45 **Hegyessy Csaba – Berke József:** Kintlévőség kezelés támogatása térinformatikai eszközökkel  
14.45–15.05 **Gál Zoltán:** Kommunikációs technikák a robotrajoknál  
15.05–15.25 **Gálya Bernadett – Blaskó Lajos – Tamás János:** Belvíz érzékenység vizsgálata radar adatok alapján  
15.25–15.45 **Fehér Katalin:** GeoIndeX – Üzleti térinformatikai megoldások – célok és lehetőségek  
15.45–16.05 **Kákonyi Gábor:** A friss és ingyenes műholdfelvételektől a drónos képfeldolgozó csomagokon át a HERE lokációs platformig

**5. szekció: Korszerű térinformatikai technológiák és módszerek**  
FŐÉPÜLET II. em. X. terem

**Moderátor:**  
**Dr. Siki Zoltán**

- 13:45–14:05 **Balla Dániel – Márta László – Boda Péter – Barkóczi Norbert – Novák Tibor – Zichar Marianna:** Szabad hozzáférésű térbeli adatbázisok geovizualizációja  
14.05–14.25 **Farkas Gábor:** Egy általános célú szabad forrású Web GIS lehetőségei  
14.25–14.45 **Szabó Loránd – Szabó Szilárd:** Felszínborítás-változás a Tisza-tó területén az elmúlt évtized távérzékelési adatai tükrében  
14.45–15.05 **Stenzel Sándor:** A valós világtól, a virtuális valóságig  
15.05–15.25 **Schlosser Aletta Dóra:** Fotorealistikus megjelenítés Esri CityEngine szoftverben  
15.25–15.45 **Józsa Edina – Simon Balázs:** Praktikus módszerek az SRTM-1 modell korrigálására GRASS GIS-ben  
15.45–16.05 **Siki Zoltán:** Nyílt forráskódú GIS az oktatásban

**16:10 – 16:30 BÜFÉ (DÍSZUDVAR - FŐÉPÜLET FÖLDSZINT)**

## **16:30 – 17:10 I. Poszterszekció**

(Díszudvar – főépület földszint)

**Moderátor:**

**Dr. Szabó Gergely**

- 1. Bertalan László – Barkóczi Norbert – Szabó Gergely:** Fényképekből generált felszínmodellek lehetőségei Kereskedelmi és OpenSource szoftver-környezetben (Agisoft vs. VisualSFM)
- 2. Burai Sarolta:** Geoinformatika alkalmazása a településföldrajzi kutatásokban
- 3. Bertalan László – Szeghalmy Szilvia – Barkóczi Norbert – Szabó Gergely:** Xbox Kinect szenzor alkalmazási lehetőségei a felszínmodellezésben
- 4. Nagy Bálint:** Egy kisvízfolyás hidrológiai modelljének kiépítése HEC-RAS környezetben
- 5. Bertalan László – Szabó Gergely:** Erózió-akkumuláció a Sajó kanyarulatai mentén egy UAV szemszögéből
- 6. Andrási Bence:** Geomorfometriai elemzések a Nyírségben
- 7. Márkus Béla:** GIS need to know
- 8. Kurtyák Ádám:** A felszínborítás időbeli változásának bemutatása egy kárpátaljai tájablak példáján
- 9. Encs Balázs – McIntosh Richard William:** Közetfizikai paraméterek becslése terepi mérések és digitalizált adatok alapján
- 10. Schlachter Gabriella:** A csillagászati ismeretek megjelenése a közoktatásban

## **6. szekció: Adatbázisok, térinformatika az oktatásban**

FŐÉPÜLET II. em. X. terem

**Moderátor:**

**Dr. Rózsa Péter**

- 17:10–17:30 **Lehoczki Róbert:** Magyarország területére elérhető Copernicus adatbázisok
- 17.30 –17.50 **Monori Fanny – Besenczi Renátó – Bátfa Norbert:** Forgalom-szimulációs platform nyílt térképi adatbázisokon
- 17.50–18.10 **Nagy Gábor:** Térinformatikai adatok véletlenszerű generálása oktatási célokra
- 18.10–18.30 **Pödör Andrea – Rácskai Patrik:** A bűnözéstől való félelem mérése egy webalkalmazás segítségével
- 18.30–18.50 **Ungvári Zsuzsanna:** Az automatizált térképi generalizálás bevezetésének lehetőségei a szakmai, felsőfokú oktatásba: eddigi tapasztalatok, jövőbeli célok
- 18.50–19.10 **Vámosi Attila – Kulcsár Balázs – Kiss Bacsó László:** A Debreceni Egyetem Műszaki Karának térinformatikai modellje



## **7. szekció: Térinformatikai módszerek a települések és területek minősítésénél**

FŐÉPÜLET földszint I. terem

**Moderátor:**

**Dr. Kozma Gábor**

- 17:10–17:30 **Deák Attila:** A visegrádi országok energetikai helyzetének vizsgálata kartografikus eszközökkel
- 17:30–17:50 **Dudás Gábor – Boros Lajos – Pál Viktor:** A budapesti közösségi szállásadás vizsgálata térinformatikai módszerekkel
- 17:50–18.10 **Kovalcsik Tamás – Vida György – Mucsi László:** A Csongrád megyei országgyűlési választókerületek geoinformatikai elemzése a 2014-es eredmények alapján
- 18.10–18.30 **Pálóczi Ágnes:** A roma lakosság településen belüli elhelyezkedésének vizsgálata
- 18.30–18.50 **Pálóczi Gábor:** Az utazási idő térinformatikai modellezése és a komplex versenyképességi vizsgálat eredménye Debrecen térségében
- 18.50–19.10 **Pénzes János – Hegedűs László:** A területfejlesztés kedvezményezett településeinek vizsgálata térinformatikai eszközökkel

## **8. szekció: Térinformatika települési és terepi alkalmazásai**

FŐÉPÜLET földszint II. terem

**Moderátor:**

**Dr. Pázmányi Sándor**

- 17:10–17:30 **Bakos Károly Livius – Belényesi Márta – Olasz Angéla – Kristóf Dániel:** IQmulus Processing Contest 2015 eredmények
- 17:30–17.50 **Csörgits Péter:** Egységes Közmű Nyilvántartás – Szabályozás hiányában szigorúan önkéntes alapon
- 17.50–18.10 **Utasi Zoltán:** Kataszteri térképek adatminősége és feldolgozási lehetőségei a térinformatikai adatbázisban
- 18.10–18.30 **Türk Gábor – Balázs Boglárka – Fehérné Baranyai Edina:** Vízhőmérséklet és medermorfológia vizsgálata egy Felső-Tisza menti holtmederben
- 18.30–18.50 **Plásztán József Zsolt – Csajbók Zoltán – Tóth Csaba Albert:** Archiv légifelvétel alapú morfológiai vizsgálatok a Berettyó folyó hazai szakaszán
- 18.50–19.10 **Kristóf Dániel – Belényesi Márta – Olasz Angéla – Nguyen Thai Binh – Giachetta Roberto:** Tér adatok a felhőben: az IQmulus projekt eredményei

## **9. szekció: Térinformatika a távérzékelésben**

FŐÉPÜLET földszint III. terem

**Moderátor:**

**Dr. Burai Péter**

- 17:10–17:30 **Burai Péter – Hunyadi Gergely – Lénárt Csaba – Tomor Tamás:** Légi hiperspektrális technológia alkalmazása az anyagvizsgálatban
- 17:30–17:50 **Koma Zsófia – Deák Márton – Kovács József – Standovár Tibor – Kelemen Kristóf – Székely Balázs – Kohán Balázs:** Alacsony pontsűrűségű LiDAR adatok optimális osztályszámának meghatározása CCDA alkalmazásával erdészeti felmérés példáján
- 17:50–18:10 **Kurtyák Ádám – Túri Zoltán:** Űrfelvétel alapú változásvizsgálat egy kárpátjai mintaterületen
- 18:10–18:30 **Neuberger Hajnalka – Juhász Attila:** Objektum detektálás LiDAR adatokból a pontsűrűség függvényében
- 18:30–18:50 **Bekő László – Enyedi Péter – Kiss Alida – Lucas Gregory – Lukácsy György:** Szőlő termőhely térképezés légi távérzékelési módszerekkel
- 18:50–19:10 **Kiss Tímea – Balogh Márton – Fiala Károly:** Folyóhátak térbeli jellegzetességei LiDAR felvételek alapján

## **10. szekció: GIS és Kartográfia**

FŐÉPÜLET földszint 5. (multifunkciós) terem

**Moderátor:**

**Prof. Dr. Szabó József (DE)**

- 17:10–17:30 **Zentai László:** Térképészet 2.0: GIS+Kartográfia
- 17:30–17:50 **Gede Mátyás:** Tematikus térképek Cesiummal
- 17:50–18:10 **Vízhányó József:** Trimble UX5 – légi térképező rendszer
- 18:10–18:30 **Berke József – Enyedi Attila – Berke Dávid – Ocskai Zsolt – Major Krisztina:** Nagyfelbontású légifelvételek képkötő eljárásainak összehasonlító elemzése
- 18:30–18:50 **Kozma-Bognár Veronika – Magyary Vanda – Berke József:** Ultranagy felbontású légifelvételek multitemporális elemzése
- 18:50–19:10 **Kovács Béla:** Térképészet/GNSS 2.0

**19:30 – 21:30 ÁLLÓFOGADÁS (DÍSZUDVAR - FŐÉPÜLET FÖLDSZINT)**

**2016. május 27.**

**8:00 – 9:00 BÜFÉ (DÍSZUDVAR - FŐÉPÜLET FÖLDSZINT)**

**11. szekció: 2. Angol nyelvű szekció**

**FŐÉPÜLET földszint I. terem**

**Moderátor:**

**Balázs, Boglárka Ph.D**

- 9.00–9.20 **Erik Zheentaev:** Application of remote sensing technologies for the environmental impact analysis in kumtor gold mining company
- 9.20–9.40 **Ilhom Abdurahmanov:** Time-series analysis of Landsat-TM and ETM+ imagery to monitor grazing impact in a rangeland ecosystem in Forish district, Uzbekistan
- 9.40–10.00 **Shukhrat Shokirov:** Object based image analysis for forest health assessment
- 10.00–10.20 **Gulden Ormanova:** Geomorphology and pollution: the environmental impacts of the copper mining deposits (Dzhezkazgan, Central Kazakhstan)
- 10.20–10.40 **Barkóczy Norbert – Szabó Gergely:** Horizontal error assessment of orthophotos produced by photogrammetric way
- 10.40–11.00 **Varga Orsolya Gyöngyi – Szabó Szilárd:** Accuracy assessment of land cover modelling with CA-Markov method based on Corine Land Cover layers

**12. szekció: 3. Angol nyelvű szekció**

**FŐÉPÜLET földszint II. terem**

**Moderátor:**

**Szabó, Szilárd DSc**

- 9.00–9.20 **Dávid Berke – Kálmán Kovács:** Application oriented analysis of remote sensed data sets
- 9.20–9.40 **Boudewijn Van Leeuwen – Zsuzsanna Ladányi – Dániel Bátori:** Medium resolution satellite data based estimation of phenology and productivity parameters for drought monitoring
- 9.40–10.00 **Marianna Zichar:** GIS support of digital forensics
- 10.00–10.20 **Zsuzsanna Szabó – Szilárd Szabó:** Preliminary results and issues of the extraction of floodplain forms
- 10.20–10.40 **Anita Karika – Dániel Balla – Gergely Szabó:** A comparative accuracy analysis on combined GPS/GLONASS/EGNOS
- 10.40–11.00 **Anikó Kozics:** Detecting salt berms on the Hortobágy from ALS data

### 13. szekció: Modellezés, előrejelzés, statisztika

FŐÉPÜLET földszint III. terem

**Moderátor:**

**Prof. Dr. Kerényi Attila**

- 9.00–9.20 **Buday Tamás:** Geotermikus hőszivattyús rendszerek primeroldali kiépíthetőségének térinformatikai vizsgálata városi területeken
- 9.20–9.40 **Szabó J. – Pásztor L. – Koós S. – László P. – Laborczi A. – Takács K. – Szatmári G. – Pirkó B. – Nagy A. – Bialkó T. – Dobos E. – Szabóné Kele G. – Havasné Tátrai É. – Tihanyi K. – Mandula R. – Lukácsy Gy. – Bakacsi Zs.:** Terroir lehatárolás terepi felvételezéssel és digitális térképezési eszközökkel a Tokaji Borvidéken
- 9.40–10.00 **Czibalmos Róbert:** Helyspecifikus gazdálkodás alkalmazásának lehetőségei a forgatás nélküli művelésben Karcagon
- 10.00–10.20 **Magos Gábor:** TOPODOT – mérnöki rajzok kiértékelése pontfelhőkből
- 10.20–10.40 **Nagy Gábor–Czigány Szabolcs–Ronczyk Levente–Halmi Ákos–Magyar Elisabeth–Pirkhoffer Ervin:** Földi csapadékadatok új megközelítésű interpretációja távérzékelési módszerek felhasználásával

### 14. szekció: Térbeli elemzések

FŐÉPÜLET II. em. X. terem

**Moderátor:**

**Prof. Dr. Csorba Péter**

- 9.00–9.20 **Kertész Ádám – Pálincás Melinda – Tóth Adrien:** Magyarország felszínének minősítése tájlesztetési szempontból
- 9.20–9.40 **Balla Csilla – Petrányi Bernadett – Mészáros György:** Felszínmodellek előállítása a FÖMI-ben, adatforrások, módszerek és felhasználási lehetőségek
- 9.40–10.00 **Kisréti Ákos:** Közterületi Adatok Publikációja (KAPU) térinformatikai rendszer bevezetése a Budapest Közütnál
- 10.00–10.20 **Kohán Balázs – Deák Márton – Mészáros János – Nagy Balázs – Szabó Judit – Szalai Zoltán:** Ártéri domborzatfelmérés és elöntésszimuláció: gyorsan, hatékonyan és pontosan – a helyi árvízi védekezés érdekében
- 10.20–10.40 **Farkas-Iványi Kinga – Mészáros János – Pásztor László:** Vízközpontú tájértékelés történeti térképek és távérzékelési adatok alapján
- 10.40–11.00 **Morva Tamás – Gyenizse Péter:** Keszthely lakott területének természetföldrajzi szempontú minősítése

## **15. szekció: Korszerű térinformatikai technológiák és módszerek**

FŐÉPÜLET földszint 5. (multifunkciós) terem

**Moderátor:**

**Dr. Szabó György (DE)**

- 9.00–9.20 **Kovács Károly Zoltán – Dobos Endre – Gál Szabó Lajos – Vadnai Péter:**  
Talajképző laza üledékek térképezése domborzatmodell alapján
- 9.20–9.40 **Laborczi Annamária – Pásztor László – Takács Katalin – Szatmári Gábor – Bakacsi Zsófia – Illés Gábor:** Kategória típusú talajtérképek előállítása digitális talajtérképezési módszerekkel
- 9.40–10.00 **Szatmári Gábor – Laborczi Annamária – Takács Katalin – Pásztor László:** Digitális talajtérképek bizonytalanságának modellezése és értékelése geostatistikai módszerekkel
- 10.00–10.20 **Takács Katalin – Laborczi Annamária – Szatmári Gábor – Bakacsi Zsófia – Szabó József – Tóth Tibor – Pásztor László:** Célspecifikus digitális talajtérképek a hátrányos természeti adottságokkal rendelkező területek lehatárolásához
- 10.20–10.40 **Miszori Krisztián:** Növénykataszteri alkalmazás DigiTerra Explorer és SmartMapper programokkal

## **11:00 – 12:00 II. Poszterszekció**

(Díszudvar – Főépület földszint)

**Moderátor:**

**Dr. Szabó Gergely**

1. **Dániel Balla – Krisztina Makai – Gergő Karancsi – László Márta – Péter Boda – Norbert Barkóczi – Marianna Zichar – Tibor Novák:** Examination of the spatial heterogeneity of the soil conditions in a plow field with GIS tools
2. **Kovács Károly Zoltán – Dobos Endre:** Talaj- és domborzat-alapú tájhasználati adatbázis készítése bükkháti kistelepülés részére
3. **Szegedi Sándor – Lázár István – Papp László – Tóth Tamás:** A 2015-ös debreceni nyári hőhullámok vizsgálata
4. **Kocsis Károly – Agárdi Norbert – Koczó Fanni – Mezei Gáspár – Nemerkenyi Zsombor – Szabó Renáta:** MNA alaptérképétől a Web GIS-ig
5. **Máté Kornél:** Geotechnikai és közetmechanikai adatok téradatbázisba integrálásának folyamata nyílt forráskódú eszközökkel a radioaktív hulladék elhelyezési vizsgálatokhoz kötődően
6. **Kertész Ádám – Pálincás Melinda – Tóth Adrien:** Tájértékelés térinformatikai módszerekkel
7. **Hegy Balázs – Nagy Richárd – Ruszkai Csaba:** A térinformatikai alapú termőhelyelemzés nemzetközi módszertani összehasonlítása
8. **Nagy Richárd – Ruszkai Csaba – Molják Sándor – Hegyi Balázs:** Novaj község térinformatikai alapú agroökológiai döntéstámogató rendszere

9. **Faragó Enikő:** 3D modell építés Szarvas környéki mélyfúrások alapján
10. **Nagy Gábor:** Térinformatikai adatok véletlenszerű generálása oktatási célokra
11. **Munkácsy Béla – Harmat Ádám – Havas Márton:** A sűrített levegős energiatárolás lehetőségei egy fenntartható energiarendszerben két megyénk példáján

**12:00 – 12:40 SZAKMAI TANÁCSKOZÁS A KIÁLLÍTÓKKAL  
(DÍSZUDVAR - FŐÉPÜLET FÖLDSZINT)**

**12:40 – 13:40 EBÉDSZÜNET (NAGYERDEI ÉTTEREM - FŐÉPÜLET MÖGÖTT)**

**13:45 – 15:00 FÓRUM - A TÉRINFORMATIKAI KONFERENCIA ZÁRÓÉRTÉKELÉSE  
(FŐÉPÜLET FÖLDSZINT III. TEREM)**

# Nemzeti Téradat Infrastruktúrák nemzetközi bevezetési tapasztalatai

Szabó György<sup>1</sup>–Barkóczi Zsolt<sup>2</sup>–Mikus Dezső<sup>3</sup>–Takács András Attila<sup>4</sup>–  
Wirth Ervin<sup>5</sup>

<sup>1</sup> főtitkár, Magyar Térinformatikai Társaság, szabo.gyorgy@hunagi.hu

<sup>2</sup> elnök, Magyar Térinformatikai Társaság, barkoczi.zsolt@hunagi.hu

<sup>3</sup> szakértő, Magyar Térinformatikai Társaság, mikus.dezso@hunagi.hu

<sup>4</sup> főtitkárhelyettes, Magyar Térinformatikai Társaság, takacs.andras.attila@hunagi.hu

<sup>5</sup> titkár, Magyar Térinformatikai Társaság, wirth.erwin@hunagi.hu

**Abstract:** The paper summarise the practical experiences, best practices of the first adopters of the National Spatial Data Infrastructure (NSDI) Systems in North America and in the European Union. The early adopters overweighted the importance of the easily counted financial consequences of the technical domain, and underappreciated the importance of the effectiveness, democratisation of the organisation, political and constituency values. Critical issue of the NSDI cost/benefit analysis, and the value, price, cost ratio: free open data or cost recovery?

## Bevezetés

A Magyar Térinformatikai Társaság (HUNAGI) az elmúlt évtizedekben kiemelt figyelmet szentelt a térinformatikai társadalmi hasznosságát fokozó Nemzeti Téradat Infrastruktúra (NTI) megvalósításának elősegítésére. A HUNAGI szakértő csapata a hazai NTI fejlesztésekkel kapcsolatos döntések megtámogatására, a Földmérési és Távérzékelési Intézet felkérésére áttekintette az Európai Unió tagállamainak és az úttörő szerepet vállaló észak-amerikai államok téradat politikájának gyakorlatát, és összegezte az NTI bevezetéséből leszűrhető tapasztalatokat. Az európai gyakorlatban az NTI rendszerek szorosan kapcsolódnak az Európai Unió 2007/2/EC INSPIRE irányelveinek nemzeti adaptációjához, így vizsgálatainkban is megjelenik az NTI és INSPIRE harmonizációjának problémaköre.

## Megfontolandó tapasztalatok

Az NTI-t úttörőként bevezető országok mintegy két évtizedes gyakorlatának áttekintése alapján számos általános, a hazai bevezetés számára is megfontolandó tapasztalat szűrhető le.

Az NTI bevezetése, létrehozása nem egy izolált projekt, valódi térnyerése csak az elektronikus kormányzati stratégiákhoz való szoros illesztéssel biztosítható, megtámogatva a központi kormányzat, közigazgatás alapfeladatait, tekintettel a tényleges felhasználói igényekre. A korai bevezetők utólagos elemzései egyöntetűen alátámasztják a technológiai lehetőségek által biztosított előnyökre (digitalizálás, web-

es megjelenés, IT rendszerek szabványosítása) vonatkozó túlzott elvárásokat. Messze alulértékelt a digitális világ valódi hasznainak kiaknázását biztosító, az igazgatási, üzleti folyamatok újratervezését szükségessé tévő szervezési módszerek jelentősége. Az információs társadalom szolgáltatási integrációja szükségessé teszi a heterogén jelenségek, feladatok egységes kereteit adó referencia rendszerek újragondolását. A hagyományos geodéziai vonatkozási rendszerek szerepe és fontossága ugyan megmarad, de a szélesebb felhasználói kör integrációját egy új elem, a téradatak államilag hitelesített részhalmozaként előálló térinformatikai referencia adatrendszer (Framework Geodata, Base Map Data) biztosítja. Az így előálló közhiteles téradat geometria (Legal Geometry) már hatékony kereteket biztosít az igazgatási folyamatok transzformációjához, a térben tudatos társadalom kiszolgálásához. Ezen transzformáció szükségessé teszi a „személy-jog-térbeli kapcsolatrendszer” újra gondolását, tekintettel az adott viszonyrendszer felelősségi köreinek szabályozására.

Az NTI komponenseinek elemzése során megállapítható, hogy az általános törvények itt is érvényesülnek: egy rendszer teljesítőképességét a leggyengébb elem átbecsajtási kapacitása határozza meg. A komponensek közül esetenként túlzott figyelem fordítódik a mechanikusan adaptálható elemekre (szabványok, technológiai megoldások) és háttérbe szorulnak a szakpolitika (Policy) és szélesebb felhasználói kör integrációs kereteit megteremtő térinformatikai referencia adatokkal kapcsolatos tennivalók. Az NTI alapfeladataként szinte minden országban a párhuzamosságok kiküszöbölése, az adatkarbantartás, megosztás hatékonyságának javítása kerül megfogalmazásra.

Az NTI felhasználó szerepkörei a hétköznapi életbe való beépüléssel alapjaiban megváltoztak, a téradat készítői dominanciát felváltja az adatszolgáltató szerepkör, előtérbe helyezve a „professzionális kulcs felhasználókat” és járulékosan kiszolgálva a „közönséges felhasználókat”.

A finanszírozási modellek területe igen zavaros képet mutat, nincs egységesen elfogadott alapelv. Az egyes országok fejlettségük, teherviselési képességük és berendezkedésük függvényében eltérő modelleket támogatnak. Az „ingyen ebéd nincs” alapelvet ugyan mindenki elfogadja, de a költségviselés, árképzés területén rendkívül nagy a szórás. Hiteles költség/haszon számítások helyett többnyire egyes jól beárazható termékelemek költségeinek szerepeltetésével (IT költségek) és prognózisokkal találkozhatunk. Egyre több országban megjelenik az a gondolat, hogy az NTI létrehozásának, működtetésének, adatkarbantartásának költségét részben, vagy egészben a valódi felhasználókra terhelni nem ördögtől való gondolat. Ezzel párhuzamosan egyre szélesebb kormányzati és felhasználói támogatottsága van a nyílt, szabadon hozzáférhető térinformatikai eszközök, téradatok alkalmazásának.

Az NTI költségei, a szolgáltatások ára és értéke közötti viszony korrekt megállapítását jelentősen megnehezíti az a tény, hogy az egyes téradat termékek, szolgáltatások haszna a felhasználók különböző csoportjai számára igen szélsőséges értékpalettán helyezkedik el. Az NTI hasznainak számbavételénél többnyire a hatékonyság növelésből származó könnyebben számba vehető pénzügyi hasznokkal



számolunk, de alulértékeljük a részvételi demokrácia nehezen számba vehető politikai hasznait és a hatékonyság növekedésből származó felhasználói elégedettséget.

Az NTI és INSPIRE viszonya is igen sokszínű az EU tagállamaiban. A korai INSPIRE harmonizáció időszakában több tagállam azt vélte, hogy az INSPIRE gyakorlatilag megoldja az ország Nemzeti Téradat Infrastruktúrájának létrehozását. A korai illúziók elmúlásával a legtöbb ország szembenézett azzal a ténnyel, hogy INSPIRE direktíva adaptálása nem oldja meg az NTI feladatait, de az adatkezelés szabványosításával, a hálózati szolgáltatások specifikálásával hatékony kereteket biztosít egy Nemzeti Téradat Infrastruktúra megteremtéséhez.

A vizsgált országok (Franciaország, Egyesült Királyság, Lengyelország, Hollandia, Ausztria, Dánia, Szlovákia, Szlovénia) igen eltérő utakon járnak. Számos tagállam csak komoly erőforrás átcsoportosítással képes megfelelni az INSPIRE harmonizáció követelményeinek. Meglévő, nagy múltú tematikus téradat rendszerek esetében többen hangot adnak kételyeiknek, a túlszabályozott INSPIRE követelményeknek való megfelelés értelmének.

### **A Nemzeti Téradat Infrastruktúrák megjelenése, történeti áttekintés**

A Kanadai Kormányzat már a hatvanas években kiemelt figyelmet fordított a digitális formában leképezett téradatakra alapozott döntéstámogatásra. Az egyedi rendszerek kereteit és funkcióit meghaladó egységes infrastruktúra, a „Nemzeti Téradat Infrastruktúra” (NTI) koncepciója szintén Kanadában jelent meg 1991-ben (McLAUGHLIN, 1991).

Az NTI első megvalósítására az Amerikai Egyesült Államokban került sor 1994-ben. A Clinton kormányzat 12906 számú elnöki dekrétumában elrendelte a Szövetségi Térinformatikai Adatbizottság (Federal Geographic Data Committee, FGDC) felállítását az egységes Nemzeti Téradat Infrastruktúra létrehozásának koordinálására. Kiemelt célként került megfogalmazásra az NTI-n alapuló közszolgálati és üzleti szereplők együttműködésén keresztül a közlekedés, településfejlesztés, mezőgazdaság, katasztrófavédelem, környezetvédelem és információtechnológia területén a téradatakra alapozott fejlesztések támogatása.

Az NTI korai bevezetői között kiemelkedő az 1998-ban elindított Ausztrál Téradat Infrastruktúra, az 1999-ben indult Kanadai Téradat Infrastruktúra, és a 2001-ben elindított Német Téradat Infrastruktúra. Számos európai ország elindult az NTI kiépítésének rögzített útján (Dánia, Svédország, Egyesült Királyság), de jelentős áttörést csak az Európai Unió 2006/2/EC INSPIRE direktívájának megjelenése okozott 2007-ben.

### **Az NTI fejlődési szakaszai**

A Téradat Infrastruktúra Rendszerek kiterjedésük, absztrakciós szintjük szerint különböző keretrendszereket hoznak létre. A globális rendszerek képviselik

a legmagasabb absztrakciós szintet, alapvetően stratégiai jellegűek és inkább folyamatokra, mint konkrét eredmények létrehozására koncentrálnak. A skála másik végén elhelyezkedő rendszerek a lokális rendszerek találhatók, igen részletes absztrakciós szinttel, rendkívül nagy egyedi változatosságot mutatva.

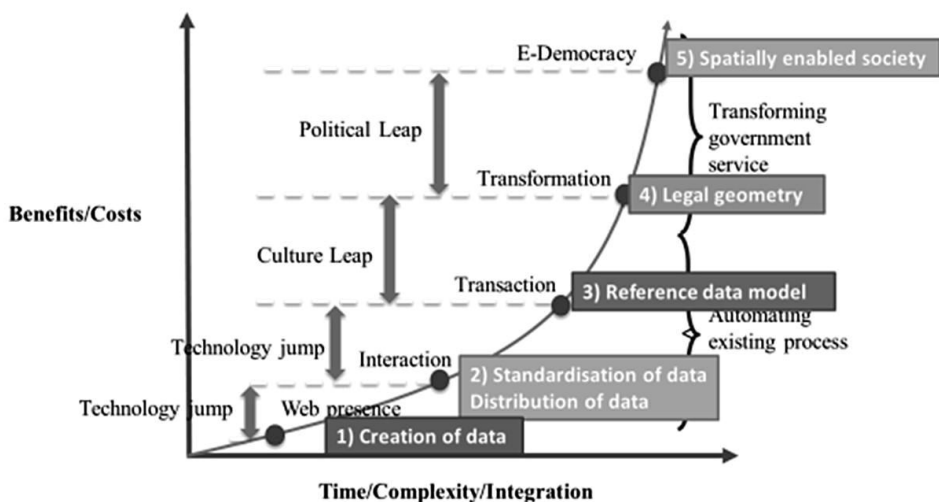
Keng Siau és Yuan Long (2005) az elektronikus kormányzás fejlődési szakaszait öt fázisra bontotta: WEB presence – WEB megjelenés; Interaction – kapcsolat; Transaction – ügyintézés; Transformation – transzformáció; E-Democracy – e-demokrácia. Az elektronikus kormányzás fejlődésének első három szintje alapvetően a meglévő folyamatok digitalizálására irányul, az átmenetet az infokommunikációs lehetőségekre épülő technológiai ugrás (Technology jump) biztosítja. Alapesetben egyszerűen az internet kerül felhasználásra, magasabb, érettebb integrációs szinten támogatásra kerül a kapcsolat és az ügyintézés folyamata. A következő szinten megjelenik a kétirányú kapcsolat, biztosítva az email-es kommunikációt, alapvető keresési, letöltési szolgáltatásokat. A harmadik szinten megjelenő önkiszolgáló, on-line rendszer lehetővé teszi teljes ügyintézési folyamatok lebonyolítását. A következő két szint a transzformáció és e-demokrácia már jóval absztraktabb folyamatot takar a kulturális és politikai ugrás/átmenet függvényében. A kulturális ugrás azon a felismerésen alapul, hogy a meglévő folyamatok digitalizálása helyett alapvetően új kormányzati, közigazgatási, irányítási, és szervezetek közötti új együttműködési módszerekre van szükség, szakítani kell az állampolgárok, adatok, rendszerek izolált kezelésével. Az ötödik szint a politikai ugrás, az új irányítási, menedzsment rendszer politikai megerősítésével realizálódik.

Az Európai Unió INSPIRE direktívája, mint regionális téradat infrastruktúra, fontos eszköz az elektronikus kormányzás területén jelentkező integrációs nehézségek áthidalására.

A téradatok széles körű elérhetősége feltételezi bizonyos alapadat rendszer, térinformatikai referencia adatrendszer rendelkezésre állását. Emberöltökkal ezelőtt a geodézia, térképészet világában ezt a referencia rendszert a geodéziai dátum jelenítette meg. Napjainkban a széles felhasználói kör számára a referencia rendszer a térbeli adatoknak egy olyan részhalmaza, amely lehetővé teszi az egyéb tematikus adatok konzisztens integrációját, rendszerbe illesztését és egyéb közadatok térbeli helyhez való kapcsolását, geokódolását.

A Siau és Ling által felvázolt elektronikus kormányzás fejlődési modellt alapul véve Hvingel és társai 2014-ben integrálták a modellbe a Nemzeti Téradat Infrastruktúra fejlődési lépéseit (HIVINGEL, 2014).

A mellékelt ábrán (*1. ábra*) követhetjük figyelemmel, hogy az elektronikus kormányzás fejlődési szakaszaihoz hasonlóan, az NTI is hasonló fejlődési lépéseken keresztül jut el a WEB-es megjelenéstől a térben tudatos digitális társadalomig. Az első szinten való megjelenés feltétele a metaadatok és téradatok digitális előállítása (1, Creation of data). A második szintre, a kapcsolati szintre való ugrás szükségessé teszi a téradatok és az adatmegosztás szabványosítását (2, Standardisation of data, Distribution of data). Az INSPIRE támogatja ezt a technológiai ugrást, és az



1. ábra Az NTI és az elektronikus kormányzás fejlődése (Hvingel, 2014)

implementáció útján elinduló országok többségében bevezették az INSPIRE által támogatott szabványokat. A különböző alkalmazások közötti interoperabilitás és egységes értelmezés biztosítása számos gondot vet fel. Az adatelérés és megosztás biztosításával egy adott rendszerben adatok heterogén kombinációját használhatjuk fel, de a kapcsolati vagy ügyintézési fázisban történő felhasználás miatt egy háttértérkép jellegű illusztrációnál jóval összetettebb értelmezés szükséges. Számos ország (Dánia, Hollandia, Ausztria) ezen problémák kezelésére egy térinformatikai referencia adatrendszer definiált és vezetett be (3, Reference data model). A referencia adatmodell lehetővé teszi, hogy egy csökkentett adatkészlettel, az államilag hitelesített adatminőségre és a közsféra és magánsféra adatainak kapcsolhatóságára fókuszálva hatékonyabban oldjuk meg a funkciók biztosítását. Az előrelépés következő szintjét, a folyamatok automatizálását csak a technikai eszközökön túllépő, a meglévő folyamatok transzformációjára építő megoldás biztosítja. Ez szükségessé teszi egy szabályozott jogi környezet kialakítását, definiálva a téradatok létrehozását, használatát a közigazgatási döntési folyamatokban. A jogilag szabályozott folyamatok eredményeképpen előáll a jogilag hiteles geometria, automatikusan gyarapítva a hiteles téradat készletet. Ezen transzformáció szükségessé teszi a személy-jog-térbeli viszony kapcsolatrendszer újragondolását, tekintettel az adott viszonyrendszer felelősségi köreinek szabályozására. Az előbbieken vázolt transzformáció eredményeképpen válik elérhetővé a következő szint az e-demokrácia NTI alrendszere, a térben tudatos társadalom. A térben tudatos társadalom számos új lehetőséget teremt meg, fenntartható települések, korai katasztrófa előrejelző rendszerek, intelligens ingatlan kereskedelem, fejlett kockázatkezelés, jobb makrogazdasági döntéstámogatás. Ez a szint már nem a jobb térinformatikai rendszermenedzselést célozza meg, vezérlő elve a társadalommenedzselés, irányítás térbeli alapokra helyezése, a humán tényező középpontba helyezése.

## Az NTI finanszírozási modelljei

A nemzetközi gyakorlatban nincs egységes megközelítés az NTI finanszírozásának megoldására. A bevezető országok prioritásainak, államberendezkedésének, teherviselő képességének függvényében, eltérő finanszírozási modellek biztosíthatják az optimális megoldást.

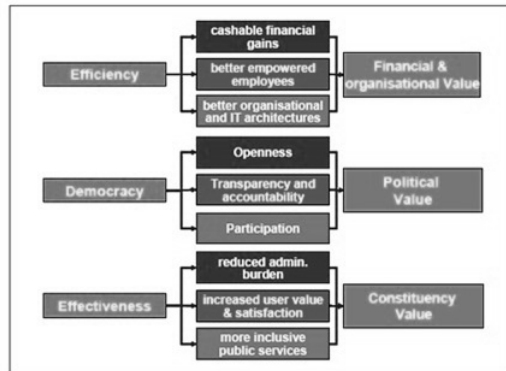
Az NTI bevezetése során az adott országok, az NTI tartalma, absztrakciós szintje, adatpoltitikai megfontolásainak mérlegelése alapján alakítják ki, az elvárásaikhoz legjobban illeszkedő finanszírozási modellt.

A különböző finanszírozási és költségviselési megoldások tekintetében nincs egységesen elfogadott álláspont. Számos szakértő véleménye szerint a téradatok előállítási, megosztási, karbantartási költségeinek részben vagy egészben a felhasználókra terhelése nem ördögtől való megoldás (LONGHORN, BLACKMORE, 2008). A költségviselés démonizálása nem segíti a tisztánlátást. Az USA állampolgárai előtt tornyosuló digitális szakadék úgy interpretálható, mintha az energiához való hozzáférést mindenki számára ingyenessé tennénk, de ezen előnyökkel élni csak az a szűk réteg tudna, aki az energiát hasznosítani képes eszközök megvásárlásához elegendő forrással rendelkezik. Tudomásul kell vennünk, hogy „ingyen ebéd nincs”, a technológiai eufóriában hajlamosak vagyunk arról az alapvető tényről megfeledkezni, hogy mint mindennek, az információnak is ára van (DETREKŐI, 2013). Az információ sajátos költség szerkezete elrejtí az azt a tényt, hogy az „ingyenes” információ felhasználásért időnkkel, személyes adatainkkal, fogyasztói elkötelezettségünkkel, kiszolgáltatottságunkkal fizetünk (SAPHIRO, VARIAN, 2000). A téradatok esetében is fedeznie kell valakinek az előállítás, karbantartás, megosztás költségeit. Számos adatkör esetében az előállítási költségek a nullához konvergálnak vagy elhanyagolhatók. Ez esetben valóban megalapozott lehet az adatok ingyenes elérhetőségének megteremtése, de nem feledkezhettünk meg a nyers adatokból jelentéssel bíró információt előállító rendszerek tetemes költségeiről.

A téradatok költsége, ára és értéke közötti viszony a felhasználói szerepkörök függvénye. Nehezen összehasonlítható eseteket produkál az élet: egy turisztikai információs rendszerben sikerül-e az igényeinknek megfelelő éttermet találnunk, vagy katasztrófa helyzetben az infrastruktúra megrongálódása esetén sikerül-e a mentőnek alternatív útvonalat találnia emberéletek megmentését biztosítva?

A téradatok és szolgáltatások esetében a termékek ára, költsége és értéke igen nagy szórást mutat. A hagyományos térképészeti, geodéziai adatok, termékek tekintetében a hozzáférés gyorsasága nem jelentett kritikus faktort. Napjaink üzleti világa, és a felgyorsult hétköznapi életvitel miatt az idő már valódi értéket képező tényező, ezért az azonnali, vagy gyorsabb hozzáférés az aktuális térbeli adatokhoz jelentős üzleti, használati értéket képvisel.

Az NTI hasznait Codagone nyomán a 2. ábra alapján összegezhetjük (CODAGONE, 2006). Meghatározó jelentőségűek a teljesítőképesség (Efficiency) növelésével elérhető pénzügyi elemek (Financial & organisational Value), de



2. ábra Az NTI hasznainak szerkezete (CODAGNONE, 2006)

jelentősen alulértékelték a demokratizálódás (Democracy) és politika hasznai (Political Value) és a hatékonyságnövelés (Effectiveness) következtében megnövekvő felhasználói megelégedettség (Constituency Value).

Az NTI legegyszerűbben realizálható haszna a kormányzati, a közigazgatási folyamatok digitalizálásával, a párhuzamosságok kiküszöbölésével elérhető pénzügyi megtakarítás, a hatékonyabban szervezett, és támogatott munkafolyamatokon keresztül lehetséges. A nyitottság, átláthatóság és részvételi demokrácia politikai hasznainak elérése már nagyobb kihívás. A bürokrácia csökkentésével, a felhasználói megelégedettség növelésével, a közszolgáltatások színvonalának növelésével elérhető hatékonyságnövekedés, mint nehezen beárazható járulékos haszon jelenik meg.

## Felhasznált irodalom

- CODAGNONE C.–BOCCARDELLI P.–M.I. LEONE (2006): eGovernment Economics Project: Measurement Framework Final Version. eGovernment Unit, DG Information Society, European Commission
- DETREKŐI Á.–SZABÓ GY (2013): Térinformatika: Elmélet és alkalmazások; Az informatika alkalmazásai, Typotex Kiadó, Budapest
- GEOCONNECTIONS (2015): Canadian Geomatics Environmental Scan and Value Study
- HVINGEL L.–BAANER L.–SCHRÖDER L.(2014): Mature e-Government based on spatial data - legal implications. IJSDIR 9
- LONGHORN R. A.–BLAKEMORE M. (2008): Geographic Information: Value, Pricing, Production, Consumption, CRC Press, Boca Raton, USA
- McLAUGHLIN, J.–COLEMAN, D.–NICHOLS, S. (1997): BUILDING A SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE. 64th FIG Congress, Singapore
- SAPHIRO C.–VARIAN H. R. (2000): Az információ uralma, Geomédia, Budapest



# Geoinformatics: Need to know

Béla Márkus

professor, University of West Hungary, Faculty of Forestry, Department of Surveying and Remote Sensing, markusbela@gmail.com

**Abstract:** This paper introduces briefly the trends on the field of international educational developments in the last decades and presents evaluation of the current status. The author evaluates the importance of Core Curriculum developed by US National Center for Geographic Information and Analysis. One chapter is dealing with the outcomes of Hungarian adaptation of the CC. The main focus is on the results of a presently running EU project (GI-N2K), which is an advanced successor of the NCGIA CC. At the end competency matrix will be introduced as a tool for course harmonization.

## Introduction

The roots of Geoinformation Science and Technology (GISc&T) go back to the late 1950s. GISc&T is evolved together with the computer science and information technology (IT). One of the pioneering institutions in scientific foundations was the Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis. In 1970 Tobler published the first law of geography and the literature expanded exponentially in the 70s. The educational background delayed the extensive applications of GIS till early 90s, however, the first textbook was published in 1986, written by Peter Burrough.

The National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA, founded in 1988) recognized the gap in educational field. One of its first successful projects was on **Core Curriculum** development in GIS. The project was lead by Michael Goodchild and Karen Kemp. In 1990 the NCGIA CC provided fundamental assistance in course content for educators world-wide. The CC was introduced on the first European GIS Conference in Amsterdam by Karen Kemp, who invited countries for adaptation of it (KEMP, 1991).

By the end of 1980s Hungary was in the middle of political, economical and cultural changes. There was a strong demand for international cooperation developing GIS teaching materials in Hungarian (MÁRKUS ET AL. 1989, 1993).

This paper will briefly introduce the trends of joint developments in the last decades and present the current status on the field. The main focus will be on the results of the running EU project, which is an advanced successor of the NCGIA CC.

## Core Curriculum and its adaptation in Hungary

A national Technology Transfer Centre (TTC) was founded in 1992 involving GIS experts from the whole country. According to TTC members' opinion the hardest obstacle of application of GIS technology in Hungary was the lack of technical-professional skills. Meanwhile, the interest for the Core Curriculum was growing, and not only from the side of the traditional GIS society. Because of the strong demand, the first project of the TTC's GIS Section targeted the NCGIA CC **Hungarian adaptation** (MÁRKUS B.1993).

The curriculum was divided into 12 parts and it translated preserving the structure, but suited the contents to the Hungarian environment by 18 most appropriate experts from five Hungarian universities, four research institutions and three GIS companies. In the revision and refinement phase the involved experts covered the whole spectrum of GIS society. Using their feedbacks the final version was completely published in June 1994. The three original volumes were expanded with a forth one. The forth volume presented 16 publications on advanced **GIS applications in Hungary**.

The adaptation project received good appreciations from the Hungarian GIS community. The interest is very high not only from the side of educational institutions but from the side of GIS firms too. By the end of 1994 more than 800 copies of the 4 volumes were sent to applicants.

## Body of Knowledge

The new geographic technologies developed over the last decade created far-reaching opportunities. Due to rapid changes in technology (internet, location based services) and in educational methodology (from teacher-centred to learner-centred approaches) the renewal of CC was started. The new Model Curricula initiative called **GIS&T Body of Knowledge (BoK)** aimed for collaborative, cross-sectoral, and interdisciplinary research, it encompassed a wide array of themes, such as dynamic modeling, change studies, environmental assessments and interventions, and many more.

The first version of GIS&T Body of Knowledge has been revised by a team of seven editors in consultation with a fifty-four-member Advisory Board. It includes more than 330 topics organized into seventythree units and ten knowledge areas (*Table 1*). Each topic is defined in terms of formal educational objectives from which instructional activities and assessment instruments can be readily derived. (DIBIASE ET AL. 2006).

From the evaluation point of view there is a shift from self-evaluation questions to expected learning outcomes. Briefly, aims are broad purposes or goals; objectives are specific intentions in measurable terms; and learning outcomes are specific measurable achievements. The main difference between the last two is that



objectives are stated as the intentions (of the teacher/tutor) and outcomes are stated as the achievements (of the successful student). While we have mainly used objectives in the past there has been a gradual move towards learning outcomes (URL-1).

#### GIS&T BoK Knowledge Areas:

1. Analytical Methods
2. Conceptual Foundations
3. Cartography and Visualization
4. Design Aspects
5. Data Modeling
6. Data Manipulation
7. Geocomputation
8. Geospatial Data
9. GIS&T and Society
10. Organizational and Institutional Aspects

### GI-N2K in a nutshell

The current version of the GIS&T BoK is a paper-based document published in 2006, whereas a new advanced version should be dynamic and up-to-date, easy to use, in line with the constantly evolving science and technologies. It should reflect recent developments and needs of the public, private and academic geospatial sector.

The „Geographic Information – Need to Know” (GI-N2K) project was funded by the European Union referring to the above mentioned needs. GI-N2K has a consortium of 31 partners from 25 countries, it runs from October 2013 to October 2016.

The main aim of GI-N2K is to develop an up-to-date dynamic GIS&T BoK which is in line with the latest developments taking into account the European dimension by deploying the multidisciplinary knowledge and expertise of the partners of the multilateral network. This aim can be reached by realizing the following objectives:

1. to **analyse** the current situation with focus on the demand of private and public sector as compared to the existing academic and vocational training offer;
2. to **revise** the content of the Body of Knowledge to bring it in line with technological developments, emphasizing new knowledge areas and European context;
3. to **develop** the toolsets and guidelines to allow the maintenance and use of the BoK to define vocational and academic curricula, define job profiles;
4. to **test** the BoK, its toolsets and guidelines through participation of dedicated target groups from the private, public and academic sector;
5. to **promote** and disseminate the use of the dynamic GI S&T BoK,

toolsets and guidelines.

The target groups are mainly the providers of higher education and vocational training in the domain of GIS&T, the geospatial recruitment sector (companies, governmental organizations, research institutions, etc.), geospatial professionals, and students studying, or with an interest in GIS&T.

## **Demand and supply survey**

The first project activities focused on the demand for and the supply of education and training in the GI domain. The Demand side target group consists of organisations and companies with a need for geographic information competences: private companies, public administration, non-governmental organisations and academic institutions. On the Supply side the survey was directed at organisations that offer teaching in the GI field.

The analysis of the survey outcomes focussed on three aspects:

- **Awareness** and use of the GIS&T BoK. The relevance of this aspect is that a more demand-driven teaching supply requires the Demand and Supply sides to use the same terminology. And the first requirement for use is awareness;
- A **teaching gap**. The need for more demand-driven teaching presupposes that there is a gap between needs for GI competences on the Demand side and the GI teaching on offer.
- A GIS&T BoK **content gap**. A domain reference document should be up-to-date, covering the latest developments in the width of the domain. Missing subjects will make it harder to have the GIS&T BoK accepted among users and educators. Such acceptance is an important condition for achieving a more demand-driven teaching offer.

The benefits of the project are mainly related to the two main outputs, the revised, dynamic version of the BoK and the VirLaBok system, which will both be made available to all stakeholders (RIP ET AL. 2014).

## **VirLaBoK**

The new Body of Knowledge should be a dynamic „knowledge base” rather than a static book. Dynamic means that the BoK should be regularly updated following an ontology based approach. The BoK will be continuously refined in a participatory way, involving the GIS&T and related communities. Therefore, there is a need for a series of toolsets in an open environment to design, develop and document a BoK repository. This environment is called Virtual Laboratory for the BoK (VirLaBok).

The VirLaBok will consist of the following components:

- A **knowledge repository** including the BoK itself, metadata and the results of the use of VirLaBok such as already defined courses, job profiles, etc.

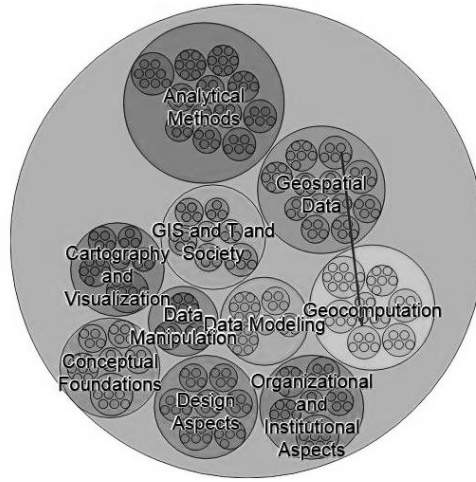


Figure 1. VirLaBoK graphical interface

- A **dynamic platform** to define and update knowledge areas, units and topics including a wiki that allows discussion between GIS&T ex-perts and users of the BoK.
- A series of **tools** to use the BoK repository to define courses, learning paths and job profiles.

One of the primary functions of the VirLaBoK is to support **curriculum design**, which is the basis for defining courses, course modules and lectures. The toolset will allow to explore the BoK using query methods and visualize the selected concepts, topics and units, especially the relationships between them.

The GI S&T BoK should support fulfilling various learning outcomes. A student may acquire the knowledge and skills needed to achieve a particular aim. The VirLaBoK should allow to define **learning paths** by browsing the BoK, selecting concepts, topics and units from different knowledge areas.

Private and public sector stakeholders are expected to have major interest in exploring the BoK for preparing „**job profiles**” or to analyse existing competencies within their company/organization. Although many „typical” profiles exist, the VirLaBoK will provide a set of tools to define in a flexible way specific profiles, or to adapt existing ones.

## Competencies

While desired learning outcomes of a process of learning are formulated by the academic staff, preferably involving student representatives in the process, on the basis of input of internal and external stakeholders; competencies are obtained or developed during the process of learning programme by the student/learner. Identifying competencies is one of the most important issues in needs analysis. Of course, professional competencies can be reached only by life-long learning (LLL)

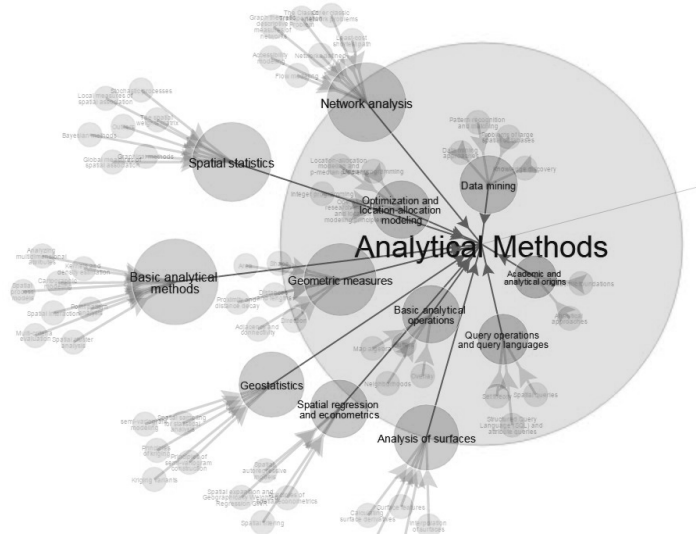


Figure 2. VirLaBok Map of Knowledge Area: Analytical Methods

and life-long experiencing. Universities should support their graduates in LLL with different kind of education and training.

The learning material developers are working on their own course specification. This process needs of course a cross-functional implementation. In the design of detailed content the **competency matrix** can help to harmonize the work of the development team (MÁRKUS B. 2014).

The first column of competency matrix contains the competencies, on the other hand the name of modules are listed in the header. Filling the matrix needs an active group meeting of course developers. Cross-links reflects which courses will support the given competency. The first step is to build a draft competency matrix revising and completing the list of competencies coming from the needs analysis. After that each development team has to check their course against the competencies and mark the relevant cell. Creating the competency matrix will enable the development team to see at a glance what competencies their graduates will possess. The matrix is functioning as a gap analysis tool, and as a discovery instrument of unnecessary overlaps. Any development team can reconstruct their own row in competency matrix to increase cross-functionality and include competencies it might be lacking.

## Conclusions and outlook

The NCGIA Core Curriculum (1990) defined the standard of GIS&T teaching in many countries. The fast changes in geoinformatics demanded continuous updates. The GIS&T Book of Knowledge (2006) meant renewal from both content and methodological point of view. The GI-N2K EC Life-Long Learning project developing a new advanced version, which aims to be dynamic and up-to-date, easy

to use, in line with the constantly evolving geoinformation science and technologies. In different educational institutions many parallel learning content developments are running, where VirLaBok tools can improve the effectiveness of courses. The competency matrix is useful in course harmonization based on academic curriculum specifications or meeting market-driven job profile requirements.

Universities are under a pressure of continuous changes, transforming all traditional way of learning, working to prepare our learners for their future. The ability of students to connect with „classmates” around the world, opens new opportunities for learning and professional development. Whatever the revolutionary changes in technology, learning is the vital element. Teaching is not enough, it is the active learning, which is essential. Ubiquitous IT infrastructure opens lots of new possibilities. Ubiquitous learning (u-learning) is far beyond e-learning, it has similarities to some form of simple mobile learning, but in the u-learning environment students become totally absorbed in the learning process, moreover, can become active participants in the cloud. The other challenge is open education. Information technology was reached by the idea of open systems in early 1980s. It arrived to our profession in the mid-90s in the initiatives of OpenGIS Consortium (<http://www.opengeospatial.org/>). Now „Open education” is a collective term that refers to forms of education in which knowledge, ideas or other aspects of teaching methodology or infrastructure are shared freely over the internet (MÁRKUS B. 2013).

## References

- MÁRKUS, B.–CSORNAI, G.–DALIA, O.–VÉGSŐ, F.–REMETEY-FÜLÖPP, G. (1989): Mezőgazdasági, erdészeti és környezetvédelmi monitoringot támogató számítógépes információs rendszer, OMFB tanulmány.
- KEMP, K.K. (1991): The NCGIA Core Curriculum evaluation program: a review and assessment, *Cartographica* 28(3), pp. 88–93.
- REMETEY-FÜLÖPP, G.–FEKETE J.–MÁRKUS B.–MIHÁLY SZ.–SZABÓ SZ. (1993): A térinformatika és alkalmazásai, OMFB tanulmány, p. 168.
- MARKUS B. (1993): NCGIA Core Curriculum in the Hungarian GIS/LIS education, *Computers, Environment and Urban Systems* 17(3), pp. 277–283.
- DiBIASE, D.–DeMERS, M.–JOHNSON, A.–KEMP, K.–LUCK, A.T.–PLEWE, B.–WENTZ, E. (2006): *Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, Washington, D.C.: Association of American Geographers, p. 174.
- MÁRKUS, B. (2014): Managing curriculum development and enhancing quality, Congress of International Federation of Surveyors, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 14.
- RIP, FI.–WALLENTIN, G.–VAN LAMMEREN, RJA. (2014): Integrated analysis of the demand for and supply of geospatial education and training: Results of the GI-N2K Surveys, p. 37. <http://www.gi-n2k.eu/publications/>
- URL-1: <http://provost.rpi.edu/learning-assessment/learning-outcomes/objectives-vs-outcomes>



# **Time-series analysis of Landsat imagery for monitoring grazing impact in a rangeland ecosystem in Forish district, Uzbekistan**

Abdurahmanov Ilhom

Department of Surveying and Remote Sensing, University of West Hungary,  
ilhom.isakovich@gmail.com

**Abstract:** This paper aimed to assess vegetation status via remote sensing techniques using various vegetation indices in semi-desert and desert environments. The feasibility of applying such techniques is tested for assessing grazing impact in the study area. The territory of the agricultural cooperatives „Bogdon”, „Orolov”, „Mustakillik”, „Narvon” and the forest agency in Forish district (Jizzakh region) was selected for the study. Two common vegetation indices derived from Landsat Surface Reflectance (LSR) imagery. The main objective of the study was creating a map shows the territory of grassland degradation levels in study area between 2010 and 2015 years. Five images, one image for each year were used for the analysis. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) results were correlated to the field geobotanical monitoring results and appropriate values were defined for four degradation levels. Those values were applied for 2010-2015 years period to define degradation level in order to monitor grazing impact in the study area.

## **Introduction**

Agricultural cooperative (shirkat) - is an independent economic entity with a legal personality based on a mutual basis and mostly family (collective) contract, a voluntary association of citizens for the production of marketable agricultural products. (LAW OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN, 1998).

In the desert and semi-desert areas of Uzbekistan, many households in the villages depend on livestock grazing as they don't have any alternative due to a lack of water for irrigation. The extensive livestock sector has seen tremendous changes after the independence of the Republic of Uzbekistan (31<sup>st</sup> of August, 1991), with the number of private livestock dramatically increasing and responsibilities for an effective and sustainable use of pastures fading. In many areas, grazing is unsystematic and is not controlled, which leads to serious overgrazing and pasture degradation, particularly around the wells and settlements. However, in contrast to the irrigated land sector, there have been few major reforms redefining the rules for land use in the extensive livestock sector (FISCHER-ZUJKOV U. ET AL. 2011).

Remote sensing offers unique opportunities to monitor grazing landscape processes, reflected in a large number of studies on land use/land cover change (KIAGE L. ET AL. 2007; MAMBO J. ET AL. 2007). Its techniques have been widely applied for the quantitative and qualitative evaluation of vegetation in semiarid ecosystems. Visible and near-infrared (NIR) multispectral images are the most useful data to examine vegetation patterns and corresponding ecological processes at regional and

global scales. Vegetation indices (VI) (ELVIDGE ET AL. 1995) derived from remotely sensed data have frequently been proposed as a method for predicting green biomass.

In remote sensing applications VIs play a significant role for qualitatively and quantitatively evaluating vegetation cover by contrasting intense chlorophyll pigment absorption in the red against the high reflectivity of plant materials in the NIR (TUCKER 1979). Studies on the use of remote sensing for assessing the impact of livestock grazing on vegetation cover and land degradation in arid and semi-arid areas are numerous (GRAETZ–GENTLE 1982; BASTIN ET AL. 1993A; 1993B; PICKUP ET AL. 1993; PICKUP–CHEWING 1994; PICKUP 1995). In this study we apply and evaluate well-used VIs from satellite data for detecting grazing impacts in a semi-desert and desert environment, and compare it with ground measurements of vegetation.

## Materials and methods

The study area (1480 km<sup>2</sup>) comprehends the territory of the shirkats „Bogdon”, „Orolov”, „Mustakillik”, „Narvon” the forest agency in Forish district. It consists of different ecosystems, including a plain with steppe and semi desert vegetation (about 20-30 kilometres broad), where four villages and about 30 shirkat farms are situated, the foothills of the mountains with mainly steppe vegetation, where about 25 villages are situated along the mountain streams and the Nuratau mountain range in the South, mostly under the administration of the forest agency (FISCHER-ZUJKOV U. ET AL. 2011).

In this study Landsat TM and Landsat ETM+ Surface Reflectance imageries, which represent the dry season (August–September) of the years from 2010 to 2015 were used. Surface reflectance is the fraction of incoming solar radiation that is reflected from Earth’s surface (*Table 1*). Retrieved from satellite images by correcting for atmospheric effects, surface reflectance images approximate what would be measured by a sensor held just above the Earth’s surface, without any effects from the atmosphere or illumination and viewing geometry. Surface reflectance is the most basic remotely sensed surface parameter in the solar reflective wavelengths (i.e., visible and infrared), providing the primary input for essentially all higher-level surface geophysical parameters, including vegetation indices, land cover, and land

*Table 1. Landsat Images used in the study*

№	Landsat Scene Identifier	Sensor	Spacecraft Identifier	Date acquired
1	LT51550322010252KHC00	TM	LANDSAT_5	09-09-10
2	LE71550322011247PFS00	ETM_SLC_OFF	LANDSAT_7	04-09-11
3	LE71550322012250PFS00	ETM_SLC_OFF	LANDSAT_7	06-09-12
4	LE71550322013252SG100	ETM_SLC_OFF	LANDSAT_7	09-09-13
5	LE71550322014255PFS00	ETM_SLC_OFF	LANDSAT_7	12-09-14
6	LE71550322015258NPA01	ETM_SLC_OFF	LANDSAT_7	15-09-15



cover change etc. Because removing atmospheric effects increases the comparability between images of Earth's surface taken at different times, surface reflectance is also used to detect and monitor changes on the Earth's surface (GLCF 2011).

Many different methods exist for reducing background influence on VIs. We selected and compared two VIs that characterise the vegetation cover.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI - ROUSE ET AL. 1974), where:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (1)$$

SAVI was specifically developed and is recommended for arid environments to reduce soil background effects on the vegetation signal and is calculated as:

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} * (1 + L) \quad (2)$$

The L is an adjustment factor which varies from 0-1 in accordance with soil background conditions. The recommended L factor of 0.5 was used for all images (HUETE 1988).

We used field geobotanical monitoring results which show 4 degradation levels (weak, average, strong and very strong) in 45 sample points within the study area for the year 2010. They were defined by using the traditional method of routing geobotanical research methods and laboratory deciphering the Landsat satellite images. For study of seasonal dynamics of forage on pasture reference sites laid transects 10 m<sup>2</sup> areas, which were carried out mowing and determined biomass of forage plants. Types of grassland pastures were allocated according to the scheme of typology (BESHKO ET AL. 2013).

- Weak – vegetation is characterized by full composition and structure, good life conditions and normal resumption most species, with weak signs of deterioration of the vegetation (the appearance of traces of weed species, a slight decrease in the abundance of fodder species).
- Average (moderate) – noticeable adverse changes in the composition and structure of vegetation: growing an abundance of xerophytes, ephemeras and weedy species, they begin to play the role of subdominants; reduced abundance of food plants deteriorates their living condition and renewal; reduced projective cover.
- Strong – the composition and structure of communities disrupted, changed set dominate and subdominants (dominated by ephemeral, uneaten, weed species). Status of fodder plants depression, renewed weakness. Pastures knocked out, grass is sparse, low productivity.
- Very strong – pastures strongly stamped, indigenous communities were replaced by secondary phytocenosis with the dominance of weed species and

ephemeral and very low productivity.

NDVI and SAVI methods were applied for Landsat images and the mean value for the 5\*5 neighbouring pixels was calculated for each pixel of the result image of those methods by using software Erdas Imagine 2014.

The ranges of values for 4 degradation levels were defined by correlating NDVI and SAVI values itself and mean values of them to field geobotanical monitoring results for exact points.

## Results and discussion

First of all we created subset and layer stack of the required bands (1-5 and 7) for all satellite images to define and show only the territory of the study area by using AOI (area of interest) method. Then NDVI and SAVI were calculated within the unsupervised classification method for the image of 2010 year. The area was very homogeneous, so that the mean values of the pixels of the NDVI and SAVI result images were calculated as well. Appropriate values for the field monitoring sample point were derived from the images and those values correlated with degradation levels (*Figure 1*).

The results showed the correlation values were 0.259, 0.283, 0.261 and 0.263 for NDVI, NDVI mean, SAVI, SAVI mean methods respectively. So, we could decide

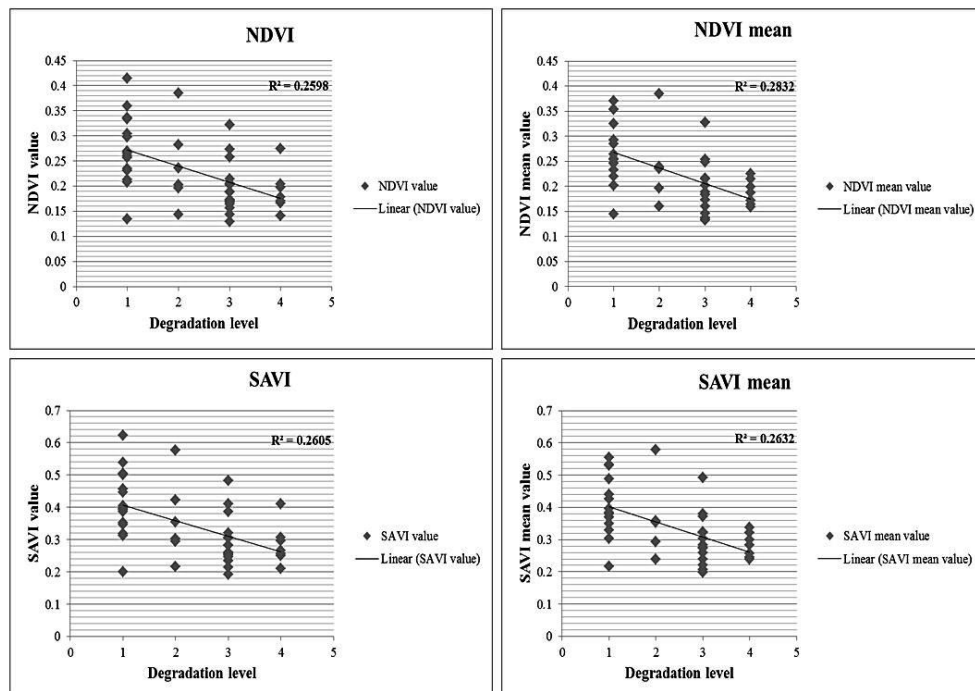


Figure 1. Comparison of NDVI, NDVI mean, SAVI and SAVI mean using degradation levels

*Table 2. NDVI mean values corresponding to degradation levels*

NDVI mean value	Degradation level	NDVI mean value	Degradation level
0.10-0.13	very strong	0.20-0.25	weak
0.13-0.16	strong	0.25-1.00	no degradation
0.16-0.20	average		

that NDVI mean values were correlated with degradation levels better than other values. That's why we used those values for defining the ranges of values related to degradation levels (*Table 2*). Those ranges were used for the time series analysis of the Landsat images of 2010-2015 years period in order to show the degradation level of study area which can help us to monitor grazing impact.

We obtained 6 new raster layers for NDVI from Landsat images and other 6 new raster layers for NDVI mean from NDVI images for 2010-2015 years respectively.

Those NDVI mean raster layers were used to classify and show the degradation level of vegetation. In total 6 images were created for showing grazing land degradation status which can help us to monitor the grazing impact in study area (*Figure 2*).

The figure shows that the years 2010 and 2013 have particularly pronounced numbers of higher NDVI values (green) than other years and the most of territory were strongly degraded (red) in 2011 and 2014 years. Actually, a dry season time series of scenes were used because wet season scenes tend to capture the dynamics of the more ephemeral components of plant communities such as annuals. Dry season scenes are appropriate for this analysis because they are constrained to the more permanent ground cover.

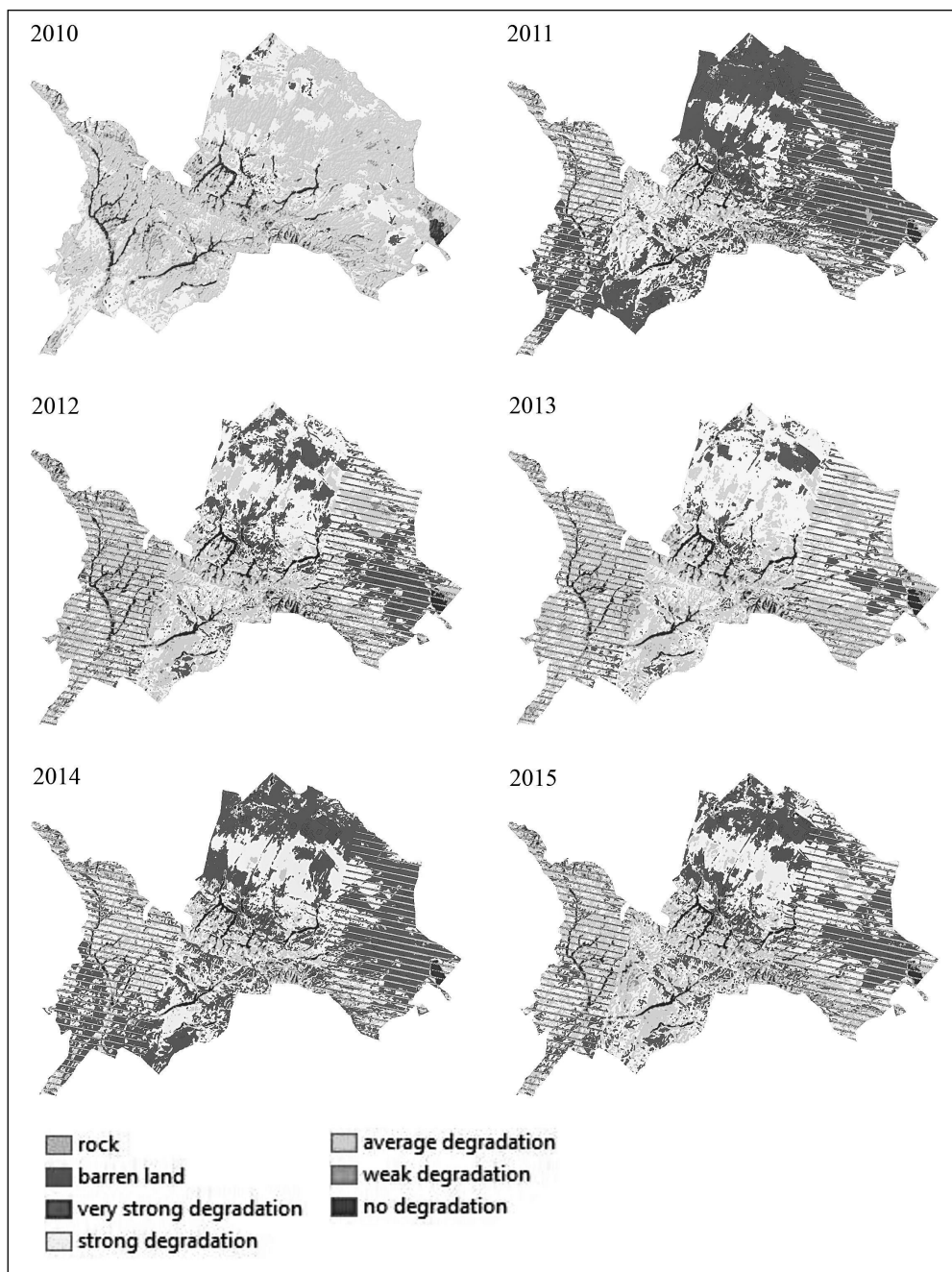
## Conclusion

This study shows that Landsat TM and ETM+ can be used to delineate vegetation change in ecosystems threatened by grazing land degradation in semi-desert and desert environments such as Forish district.

Vegetation indices derived from remotely sensed data are capable of estimating vegetation degradation levels on semi-desert and desert grasslands.

The methodology used in this study shows quantitatively that at 30 m spatial resolution both SAVI and NDVI have comparable performance to detect vegetation cover in the study area. Nevertheless, while correlation between the vegetation indices values and degradation levels, the NDVI values were better correlated than SAVI values during our study. SAVI is still correlated to degradation level of vegetation but with a lower accuracy than NDVI.

Hence, it is recommended to use NDVI index to produce vegetation maps for Forish district. Finally, this study confirmed the adequacy of more popular NDVI vegetation index over the SAVI in desert and semi-desert zones.



*Figure 2. The dry season time series of NDVI images of the part of Forish district from 2010 to 2015*

## Acknowledgements

I thank Tolibjon Mukimov for help with field geobotanical monitoring ground-data and special thanks to Dr. Géza Király for supervision, recommendations and advices during this study.

## References

- BASTIN, G.N.–SPARROW, A.D.–PEARCE, G. (1993b): Grazing gradients in Central Australian rangelands: Ground verification of remote sensing-based approaches, *Rangeland J.* 15, pp. 217–233.
- BASTIN, G.N.–PICKUP, G.–CHEWINGS, V.H.–PEARSE, G. (1993a): Land degradation assessment in Central Australia using a grazing gradient method. *Rangeland J.* 15, pp. 190–216.
- BESHKO, N.YU.–MUKIMOV, T.X. (2013): Experience of geobotanical monitoring of pastures in Forish district, Conference proceedings, Institutional aspects of the rational use of pastures and protection, Tashkent, pp. 144–148.
- ELVIDGE, C.D.–CHE, Z. (1995): Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. *Remote Sens. Environ.* 54, pp. 38–48.
- FISCHER–ZUJKOV, U.–GANIEV, S.–KHASANKHANOVA, G.–WIEDEMANN, C. (2011): „Sustainable participatory pasture management”, Report on the project orientation phase in 2010/11 with recommendations.
- GLOBAL LAND COVER FACILITY (GLCF), GODDARD SPACE FLIGHT CENTER (GSFC) (2011): Landsat Surface Reflectance, Landsat TM & ETM+, Global Land Cover Facility University of Maryland, College Park.
- GRAETZ, R.D.–GENTLE, M.R. (1982): The relationship between reflectance in the Landsat wavebands and the composition of an Australian semi-arid shrub range-land. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48, pp. 1721–1730.
- HUETE, A. (1988): A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. Environ.* 25, pp. 295–309.
- KIAGE, L.M.–LIU, K.B.–WALKER, N.D.–LAM, N.–HUH, O.K. (2007): Recent land-cover/use change associated with land degradation in the Lake Baringo catchment, Kenya, East Africa: evidence from Landsat TM and ETM+, *International Journal of Remote Sensing*, 28: 19, pp. 4285–4309.
- LAW OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN (1998): About agricultural cooperatives (shirkats), Chapter 1, Article 1.
- MAMBO, J.–ARCHER, E. (2007): An assessment of land degradation in the Save catchment of Zimbabwe Area, *Journal compilation* © Royal Geographical Society (with The Institute of British Geographers), 39.3, pp. 380–391.
- PICKUP, G. (1995): A simple model for predicting herbage production from rainfall in rangelands and its calibration using remotely-sensed data. *J. Arid Environ.* 30, pp. 227–245.
- PICKUP, G.–CHEWINGS, V.H. (1994): A grazing gradient approach to land degradation assessment in arid areas from remotely-sensed data. *Int. J. Remote Sensing* 15, pp. 597–617.

- PICKUP, G.–CHEWINGS, V.H.–NELSON, D.J. (1993): Estimating changes in vegetation cover over time in arid rangelands using Landsat MSS data. *Remote Sens. Environ.* 43, pp. 243–263.
- TUCKER, C.J. (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.* 20, pp. 127–150.

# Szabad hozzáférésű térbeli adatbázisok geovizualizációja

Balla Dániel<sup>1</sup> – Márta László<sup>2</sup> – Boda Péter<sup>3</sup> – Barkóczi Norbert<sup>4</sup> –  
Novák Tibor<sup>5</sup> – Zichar Marianna<sup>6</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
balla.daniel@science.unideb.hu

<sup>2</sup> egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
mlaci2093@gmail.com

<sup>3</sup> egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
bodapeti@citromail.hu

<sup>4</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
barkoczi.norbert@science.unideb.hu

<sup>5</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
novak.tibor@science.unideb.hu

<sup>6</sup> egyetemi docens, Debreceni Egyetem Informatikai Kar Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék,  
zichar.marianna@inf.unideb.hu

**Abstract:** The number of websites including maps keeps increasing. The most common tool is probably the free Google Maps API v3 which can be used embedding maps into websites. The aim of the study is to create a free available mash-up geovisualizing databases (LUCAS topsoil database, ASTER GDEM digital relief database). For the realization mainly the Google Maps API v3 technology and the Keyhole Markup Language (KML) were used.

## Bevezetés

A térbeli információk elérhetőségének nagymértékű javulásának köszönhetően az elmúlt évtizedben számos a földtudományokhoz kapcsolható adatbázis áll a szakemberek rendelkezésére. Ezeket az adatbázisokat vagy valamilyen nemzetközi együttműködés keretében hozták létre, harmonizálták vagy nemzeti szinten építették ki alkalmazkodva a társadalmi igényekhez. Az ezekben tárolt információk egyrészt adatokat szolgáltatnak különböző kutatásokhoz, másrésztől lehetőséget adnak azok térbeli elemzéséhez/reprezentációjára (PÁSZTOR ET AL. 2010). Az online szolgáltatások fejlődésének köszönhetően pedig a legtöbb adatbázis valamilyen web alapú térképszolgáltatást használva elérhetővé/letölthetővé teszi az adatait. Az egyszerű felhasználóknak is többféle lehetőségük van térbeli adataik/adatbázisaik webes publikálására az erre kifejlesztett interfészekeken keresztül.

Jelen tanulmány célja egy olyan mash-up (legalább két tetszőleges szolgáltatást ötvöző megoldás) oldal létrehozása, amely két szabadon elérhető térbeli adatbázist geovizualizál a Google API v3 valamint a KML nyújtotta technológiák felhasználásával.



## **Anyag és módszer**

A geovizualizáció egy olyan speciális megjelenítési mód, ahol az ábrázolandó objektumról tárolt, a földrajzi elhelyezkedésére utaló geometriai adat képezi a megjelenítés alapját (KRAAK–MACEACHREN 2005). Multidiszciplinitásából következik, hogy a földtudományok megfelelő módon képesek felhasználni térbeli adatok dinamikus komplex megjelenítésére. Az adatok térbeli megjelenítésére többféle módszer van, számuk nem tekinthető állandónak, mivel folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően napról napra újabb alkalmazások, rendszerek képesek a térbeli adatok valamilyen formában történő megjelenítésére (ZICHAR M. 2012). Geovizualizációs célból a LUCAS feltalaj adatbázis Magyarország területén található talajszelvényeit és az ASTER GDEM digitális felszínmodell kivágatát használtunk fel.

## **Google, mint geovizualizációs eszköz**

A webGIS egyik legnépszerűbb térképszolgáltatásai a Google által fejlesztett Google Térkép és Google Föld közel 10 éve központi szerepet tölt be a földrajzi adatok publikálása területén. Népszerűségét elsősorban a könnyen használható grafikus felhasználói felülete és a keresésre alkalmas térképek és műholdfelvételek adják. Az általános böngészési funkciókon túl a térképszolgáltató lehetőséget biztosít a felhasználónak, hogy saját weboldalába ágyazzon be webtérképet, vagy akár saját adatbázisát kapcsolja a térképi tartalomhoz. E lehetőség kihasználásához a szolgáltató ingyenesen hozzáférhető API-k (Application Programming Interface) formájában némi JavaScript kódolást igényelve nyújt segítséget (BALLA ET AL. 2015). Ez lényegében egy natív Javascript interfész melynek segítségével szabályozhatjuk a térkép viselkedését (pl.: térkép típus, rétegkezelés, méret, KML kezelés stb.).

A földrajzi jellemzők (pl.: pontok, vonalak, sokszögek, képek), modellek megjelenítésére és tárolására alkalmas XML fájlformátum a KML (Keyhole Markup Language). A KML lehetőséget biztosít helyek és információk különböző formában (helyjelölők, átfedő képek stb.) történő megjelenítésére (WERNECKE J. 2009). Új adatokat tartalmazó KML kiterjesztésű állományok létrehozása alapvetően három módon történhet. Az első esetben a Google Föld telepített verziójának felhasználói felületének segítségével hozzuk létre a kívánt tartalmat, amit kml vagy kmz formátumban elmentünk. A második esetben egy szövegszerkesztő segítségével az ismert szintaktikai szabályok alapján kódolással készítjük el a tartalmat. Harmadjára pedig valamilyen térinformatikai szoftver segítségével (pl. ESRI ArcGIS Explorer, Global Mapper, AutoCAD, stb.) exportálhatjuk adatbázisainkat.

## **Felhasznált adatbázisok**

A LUCAS (Land Use/Land Cover Area Frame Survey) program volt az első egységes mintavételi elvek szerint végzett felvételezés Európában (LUCAS 2012).



A projekt keretein belül az Európai Unió valamint Izland közreműködésével közel 22000 pontról gyűjtöttek feltalaj (0-20 cm) mintákat (TÓTH ET AL. 2013A). A főbb földhasználati ágak mindegyikéről történt mintavétel, általában a tagországokon belüli földhasználati ágak területi megoszlásának arányában, kivéve a szántókról vett talajmintákat, melyek aránya szándékosan nagyobb, mint területi részarányuk az egyes országokban (TÓTH ET AL. 2013B). Magyarországról 497 minta eredményei kerültek az adatbázisba. Ebből 314 szántóról, 6 szőlő- és gyümölcsültetvényekről, 60 erdőből, 9 bokros-ligetes területről, 104 gyepekről, 4 pedig egyéb felszínborítottaságú területekről származik. A mintázási pontok földhasználatáról, felszínborítottaságáról, talajtípusáról (FAO WRB) és klímájáról is rendelkezésre állnak adatok (TÓTH G. 2013).

Az ASTER GDM a japán Gazdasági, Kereskedelmi és Ipari Minisztérium valamint a NASA együttműködéséből született 2009-ben. Az ASTER GDEM a Terra műhold ASTER érzékelője által 2000-2009 között készült, 15 m felbontású sztereó-űrfelvételek automatizált fotogrammetriai kiértékelésével készült. Az ASTER GDEM horizontális felbontása 1" (azaz ~30m), ami háromszor jobb, mint a globálisan elérhető 3"-es SRTM. Az adatokat itt is 1x1 fokos foktrapézokra osztják, ami a nagyobb felbontás miatt 3601x3601 pixeles felbontást jelent. Az ASTER pontossága horizontálisan 30 m-es, vertikálisan 20 m-es (mindkét adat 95%-os hibaszinthez tartozik), ami azt jelenti, hogy e szempontból csupán kevéssel gyengébb, mint az SRTM. (TELBISZ ET AL. 2013).

## **Megvalósítás menete**

A megvalósítást három különálló részre oszthatjuk. Az Adatgyűjtés fázisában adatokat töltöttük le az ESDAC és az ASTER GDEM webes felületéről. Ezt követte az adatok térinformatikai feldolgozása, amit ESRI ArcGIS 10.2-es verziójával végeztünk el. Mivel a LUCAS adatbázis a pont adatokat táblázatos formában koordinátákkal együtt tárolja, így szükséges volt azok térinformatikai környezetbe való importálása. Az adatok \*.shp fájlba történő konvertálása után az adatbázis attribútumai közül lekérdeztük a legfontosabb talajfizikai és talajkémiai paramétereit, valamint a WRB rendszer szerinti referenciacsoportját. Az így leszűrt adatokból a megfelelő szimbolika definiálása után az ArcToolbox Export to kml parancs segítségével exportáltuk kml állományba. Az ASTER GDEM adatbázist raszteres állományként töltöttük le GeoTiff formátumban. Ebből a raszteres állományból az Export to kml parancs segítségével átfedő képet hoztunk létre. A munkamenet utolsó fázisa a Google térkép és a kml kezelő függvények beágyazása a weboldalba.

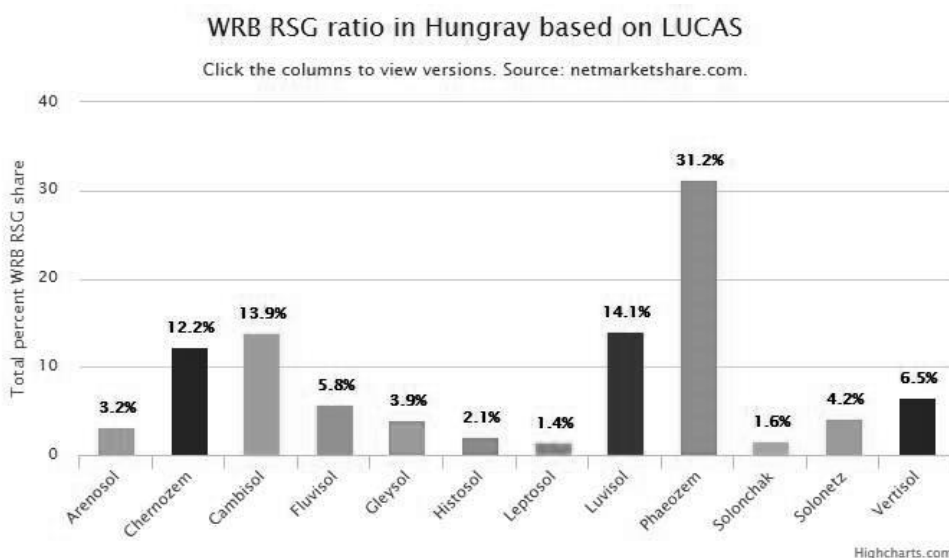
A mash-up oldal megvalósításánál öt különböző technológiát alkalmaztunk. A térkép és a földrajzi adatok megjelenítése Google Maps API V3 és KML eszközök felhasználásával történik. A webes felület kialakításához a Twitter fejlesztői által készített Bootstrap front-end framework-öt és a HighCharts interaktív felületét használtuk fel. A Bootstrap elsősorban HTML5 és a CSS3 technológiákra épül. Teljes

körü használatához szükséges a jQuery. A jQuery népszerű JavaScript keretrendszer, mely a HTML kód, és a kliensoldali JavaScript közötti kapcsolatot hangsúlyozza. A jQuery célja az, hogy amennyire csak lehetséges, leválassza a JavaScript kódot a HTML-ből, és különböző eseményvezérlőkön és azonosítókön keresztül kommunikáljon a weblap HTML elemeivel, valamint a böngészők közötti eltéréseket lekezelje. (BALLA ET AL. 2014).

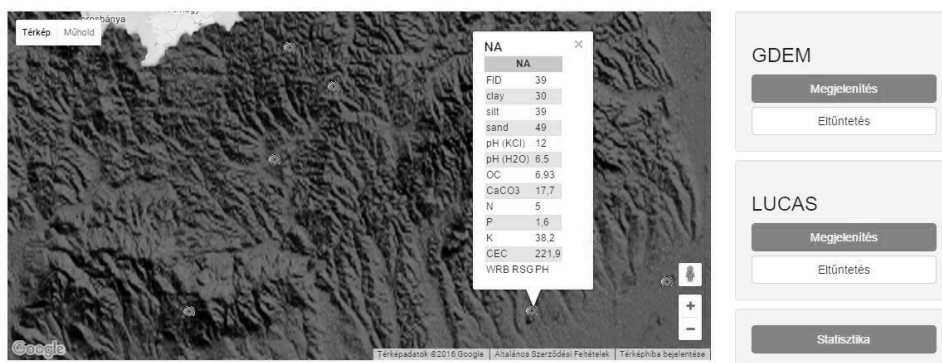
## Eredmények

A célkitűzéseknek megfelelően elkészült az interneten elérhető és böngészhető adatbázisokat bemutató mash-up oldal (1. ábra). A térképi felületen megjelenítendő adatainkat KML állományok létrehozásával reprezentáltuk. A digitális terepmodellt átfedő képek formájában, míg a LUCAS feltalaj adatbázis pont adatait megjelenítő helyjelölőkhöz kapcsolódó információs buborék biztosítja a talajfizikai és talajkémiai paraméterek értékeinek szelvényenkénti megjelenítését:

- Agyag-tartalom (%)
- Homok-tartalom (%)
- Iszap-tartalom (%)
- pH (H<sup>2</sup>O)
- pH (KCL)
- Szervesszén-tartalom (%)
- CaCO<sup>3</sup>(%)-tartalom
- Nitrogén-tartalom
- Foszfor-tartalom
- Kálium-tartalom
- CEC (T-érték)
- WRB RSG



1. ábra Talajtípusok eloszlása a LUCAS adatbázis alapján



2. ábra A kialakított mash-up oldal

Az utolsó munkafolyamat során a Google MAPS API felhasználásával (térkép inicializálás, KML függvénykezelés, rétegmegjelenítés és eltüntetés) a KML állományainkat jelenítettük meg a Google Térképek felületén, és a HighCharts interaktív diagramjai felhasználásával az adatbázisban tárolt WRB referencia csoportok %-os arányát vizualizáltuk. Eredményeink és a teljes technikai dokumentáció az alábbi oldalon megtekinthető:

[http://siscs.exitdebrecen.hu/terinfo\\_2016/public\\_html/](http://siscs.exitdebrecen.hu/terinfo_2016/public_html/)

A kiválasztott térképszolgáltatás számos előnye (eseménykezelés támogatás, nincs szükség bővítményre a beágyazáshoz, stb.) mellett talákoztunk főleg KML elemeket (formázási korlátok, alapértelmezett megjelenítés, stb.) korlátozó tényezőkkel. Mindezek mellett kijelenthető, hogy az ingyenesen hozzáférhető és felhasználható adatbázisok alkalmazása mára már megfelelő szinten képes biztosítani a földrajzi adatok webes publikálását.

## Felhasznált irodalom

ASTER GDEM: <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

BALLA, D.–ZICHAR, M.–NOVÁK, T.–MAKAI, K. (2014): Talajszelvények bemutatása Google API-k felhasználásával. In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V.: Térinformatikai konferencia és szakkiállítás - (Balázs Boglárka (szerk.) - , Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 27–34.

BALLA, D.–ZICHAR, M.–BARKÓCZI, N.–VARGA, O. GY. (2015): Cognitive interpretation of different spatial databases in web environment In: Peter Baranyi (szerk.) CogInfoCom 2015: Proceedings of 6th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications. Konferencia helye, ideje: Győr, Magyarország, 2015.10.19-2015.10.21. Győr: IEEE Hungary Section, 2015. pp. 159–162.

KRAAK, M. J.–A. M. MACÉACHREN (2005): Geovisualization and GIScience. Cartography and Geographic Information Science 32 (2):67–68.

LUCAS – A Multi-purpose Land Use Survey, (2012): Eurostat. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

- L. PÁSZTOR, J. SZABÓ, Zs. BAKACSI (2010): Application of the Digital Kreybig Soil Information System for the delineation of naturally handicapped areas in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*. 2010, Vol. 59, Issue 1, pp. 47–56.
- TELBI SZ T.–SZÉKELY B.–TIMÁR G. (2013): Digitális Terepmodellek Adat, látvány, elemzés. Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, 2013.
- TÓTH G. (2013): Kontinentális talajadatbázisok Európában. *Agrokémia és Talajtan* 2013, Vol. 62, Issue 2, pp. 401–414.
- TÓTH, G.–JONES, A.–MONTANARELLA, L. (eds.) (2013): LUCAS Topsoil Survey. Methodology, data and results. JRC Technical Reports. Luxembourg. Publications Office of the European Union, EUR26102–Scientific and Technical Research series .
- TÓTH G.–JONES A.–MONTANARELLA L. (2013): The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (9), pp. 7409–7425.
- ZICHAR, M. (2012): Geovisualization based upon KML, *Journal of Agricultural Informatics* Vol. 3, No. 1, pp. 19–26.
- WERNECKE, J. (2009): *The KML Handbook*, Addison-Wesley.

# Folyóhátak térbeli jellegzetességei LiDAR felvételek alapján

Balogh Márton<sup>1</sup> – Kiss Tímea<sup>2</sup> – Fiala Károly<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, SZTE, Földtudományok Doktori Iskola, baloghmarton.geo@gmail.com

<sup>2</sup> egyetemi docens, SZTE, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, kisstim@gmail.com

<sup>3</sup> osztályvezető, ATIVIZIG, Vízrajzi és Adattári Osztály, fialak@ativizig.hu

**Abstract:** Natural levees are characteristic accumulation forms, situated along the concave or straight banks of rivers. LiDAR terrain models offer a good opportunity to study their morphology in detail, especially because field surveys or topographic maps have not enough resolution for it. The studied forms on the Hungarian floodplain of the Maros River could be grouped based on their age. The incision and the narrowing of the river could terminate the development of natural levees, thus new forms develop on lower elevations. Actively forming natural levees are smaller (width: 10-224 m; height: 0.18-1.65 m) and have greater slope (2.2° in average) than the inactive ones (width: 16-496 m; height: 0.1-2.5 m, slope: 0.85°).

## Bevezetés, előzmények

A folyóhátak a síksági folyókat kísérő jellegzetes akkumulációs formák, amelyek tükrözik a folyó hordalékháztartását és a vízfolyás 100-1000 éves vízjárás változásait (HUDSON P.F.–HEITMULLER F.T. 2003). A folyóhátak elsősorban a kanyarulatok külső íve (ALLEN J.R.L. 1965), illetve az egyenes szakaszok mentén (BRIERLEY G.J. ET AL. 1997) fordulnak elő.

Kialakulásuk az árvizekhez köthető, amikor a medréből kilépő víz sebessége és vízmélysége csökken, és már nem képes a hordalékszemcsék továbbszállítására (WOLFERT H.P. ET AL. 2002). A durva szemcsék a part mentén akkumulálódnak, létrehozva az eleinte keskeny és meredek folyóhátat. Minél távolabb jutnak a szemcsék a folyóháttól, annál lankásabb lesz az oldala (CAZANACLI D.–SMITH N.D. 1998). Mivel a folyóhátakat csak időszakosan éri el a víz, ezért jellemzően vegetációval borítottak, így anyagukban nagy arányban lehetnek gyökerek és szerves anyagok (BRIERLEY G.J. ET AL. 1997). Kialakulásukban és fennmaradásukban is fontos szerepe van a növényzetnek, hiszen részben csapdázzák a hordalékot, részben, a gyökerek megnövelik a folyóhát anyagának kohézióját, így nagyobb vízsebesség kell a folyóhát erodálásához (SITZIA T. ET AL. IN PRINT).

A folyóhátak anyaga a medertől távolodva egyre finomodik, ugyanis exponenciálisan csökken a szemcseátmérők meridiánja, illetve lineárisan nő a 0,016 mm-es szemcsék aránya (CAZANACLI D.–SMITH N.D. 1998). A folyóhátak anyagának alvízi irányba történő finomodása tükrözi a mederben a nyíróerő csökkenését az egyes árvizek során (WIZEVICH M.C. 1992).

A folyóhátak aszimmetrikusan elnyúlt, ék alakú, ártéri formák, amelyek jellemzően a folyók kisebb esésű szakaszait szegélyezik. A morfológiai mérésekhez a folyóhát geometriájának precíz definíciója szükséges, azonban igen nehéz a forma szélességét és relatív magasságát pontosan lemérni, hiszen a forma fokozatosan simul az ártérbe, illetve csak ritkán van markánsan kirajzolódó pereme (CAZANACLI D.–SMITH N.D. 1998).

Mivel a folyóhátak általában 1-2 m magas formák, ezért a topográfiai térképeken nem jelölik a formát, vagy legfeljebb 1-2 szintvonallal. Az önálló terepi felvételezés során pedig csupán néhány forma mérhető fel részletesen, hiszen hosszabb szakaszokon a precíz felmérés túlságosan időigényes. Napjainkra azonban egyre elterjedtebb a nagyfelbontású, lézeres letapogató rendszer, a LiDAR, ami lehetővé teszi a formák nagy pontosságú felmérését. Például COBBY D.M. ET AL. (2001) LiDAR pontfelhőből létrehozott domborzatmodell alapján készítettek árvíz-elöntési modellt. NOTEBAERT B. ET AL. (2009) belga folyókon vizsgálták a LiDAR alkalmazhatóságát az ártéri formakincsek felismerésében, míg CASAS A. ET AL. (2012) a folyóhátak stabilitását vizsgálták LiDAR felvételek alapján.

Ezen kutatásban célunk a Maros ártéri formakincsét meghatározó folyóhátak feltérképezése LiDAR felvétel alapján, illetve a formák morfológiájának jellemzése és fejlődési módjuknak a meghatározása.

## Mintaterület

Vizsgálatainkat a Maros Nagylak és Szeged közötti (53,7–0 fkm) hullámterén végeztük, melyből mindössze 28 fkm-nyi esik teljes mértékben magyar területre, ugyanis további 22 fkm hosszan csak az északi ártér tartozik Magyarországhoz, mivel a déli ártérrészlet román területen fut.

A Maros (750 km) a Tisza legnagyobb mellékfolyója (A: 30.332 km<sup>2</sup>). Átlagos vízhozama Makónál 161 m<sup>3</sup>/s, míg az eddig mért legnagyobb vízhozama 2440 m<sup>3</sup>/s volt (KISS T. ET AL. 2011). Hordalékkúpi szakaszán az ártér esése 30-60 cm/km, a Szegedhez közeli, ártéri szakaszon pedig már csak 9 cm/km (SÜMEGHY B. 2014). Az ártér alakulását meghatározó árvizek jellemzően 1-3 hét/évig tartottak, bár az utóbbi évtizedekben rendre elmaradtak (SÍPOS Gy. 2006). A Maros jelentős mennyiségű hordalékot szállít: lebegtetett hordalékhozama 8,3 millió t/év (átlagosan 265 kg/s), míg fenékhordalék hozama 28 ezer t/év (BOGÁRDI J. 1954)

A Maroson az ármentesítési munkákat 1752-ben kezdték el, bár az átfogó munkák csak az 1850-es években indultak (TÖRÖK I. 1977). A töltésrendszert Főnlaktól Szegedig (105–0 fkm) összefüggően kiépítették, de felsőbb szakaszon csak lokálisan találhatunk gátakat. Az árterek fejlődését alapvetően meghatározza növényzetük. Míg a magyarországi ártereken erdők, illetve többé-kevésbé megművelt kertek és szántók találhatóak, addig a román oldalon a legelők dominálnak, bár ártéri erdők is előfordulnak.

A Maros mederszabályozása az 1700-as években kezdődött, majd 1846-1871 között a Lippa és Szeged közötti 260 km hosszú szakaszt 172 km-re rövidítették kanyarulat-átvágásokkal (LACZAY I. 1975). A határszakaszon a kanyarulat-átmetszések hatására a folyó fonatossá vált (SIPOS Gy. 2006). A Makó és Szeged közötti enyhén kanyargós szakaszt (28 km) sarkantyúkkal és partbiztosításokkal rögzítették.

## **Anyag és módszer**

Vizsgálatainkhoz az ATIVIZIG LiDAR (2014) felvételét használtuk, melynek horizontális pontossága 1 m, vertikális pontossága pedig 0,04 m. A LiDAR felvétel csak a magyarországi hullámteret fedi le teljesen, a román oldalon (46,5-43,5 fkm és 39,3-30 fkm) hiányos. A folyóhátak morfológiáját ArcGIS 10.2. szoftverkörnyezetben vizsgáltuk, a *Line of Sight* és a *Profile Graph* eszközökkel elkészítettük minden egyes folyóhát keresztshelvényét 300 méterenként, majd a keresztshelvények alapján meghatároztuk szélességüket és magasságukat. A folyóhoz közelebbi peremnek a partélt tekintettük, míg a disztális peremet a folyóhát lejtése alapján határoztuk meg, mivel a lejtős folyóhát rendszerint elválasztható a sík ártértől. A folyóhátak lejtőszögét ( $^{\circ}$ ) a folyóhát relatív magasságából és szélességéből számított hányados tangensével jellemeztük. Aktívnak tekintettük azokat a folyóhátakat, melyek még napjainkban is fejlődnek, míg inaktívnak azokat, amelyek már távolabbra kerültek a medertől.

A meder szélességét a középvonalra 100 méterenként húzott merőleges segítségével mértük le, míg a mederszűkülés mértékét a III. Katonai felmérés (1881) és egy GoogleEarth (2015) felvétel összehasonlításával számítottuk. A kanyarulatok fejlettsége ( $\beta$ ) alapján csoportosítottuk őket a Laczay-féle osztályozást követve. Ha  $\beta \leq 1,02$ , akkor a szakaszt egyenesnek tekintettük. A folyóhátak hosszát nem határoztuk meg, mert különösen a fejletlen és az egyenes szakaszok mentén csaknem összefüggő formát alkotnak.

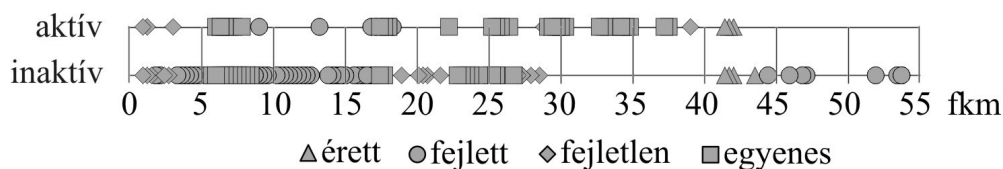
## **Eredmények**

A Maros Nagylak–Szeged közötti hullámterén, az északi oldalon összesen 72, míg a délin 78 shelvény mentén azonosítottunk folyóhátakat, azaz ilyen szempontból nincs különbség közöttük. Azonban, az inaktív, azaz a szabályozások során levágott kanyarulatokhoz vagy a szűkülő mederhez tartozó folyóhátakat metsző shelvények száma (102 db) közel kétszerese a jelenleg is formálódó folyóhátakénak (48 db), és morfológiájukban is némileg különböznek. Ezért a két csoportot elkülönítettük és összehasonlítottuk.

### ***Az aktív folyóhátak morfológiai jellemzői***

Az aktív folyóhátak a Maros vizsgált hosszának közel 75%-án (42 km) előfordulnak. Egyes szakaszokon (35-27,5 fkm, 18-17 fkm és 8-6 fkm) mindkét oldalon megtalálhatók (I. ábra). Elsősorban tereprendezések (pl. árvízvédelmi



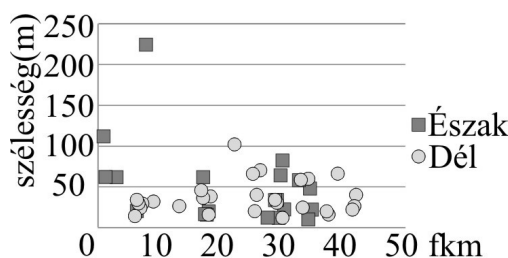


1. ábra A Maros aktív és inaktív folyóhátainak térbelisége, illetve a folyóhát melletti szakasz kanyarulati jellemzői

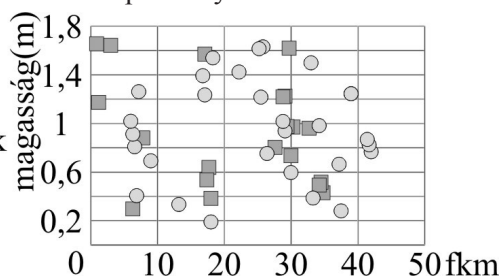
gátak, nyári gátak, mezőgazdasági művelés és kubikgödrök) miatt bizonyos szakaszokon nem mérhetők fel, ugyanis az antropogén formák limitálják a folyóhátak kifejlődéséhez szükséges tér nagyságát vagy befolyásolják az ártér magasságát. Ráadásul több kanyarulat-átvágás is megvalósult a Maros mentén, így az egykori medrek övzátonyai tovább nehezítik a jelenlegi folyóhátak paramétereinek mérését.

A legtöbb (81%) aktív folyóhát a fejletlen kanyarulatok és a közel egyenes szakaszok mentén található (1. ábra), hiszen a szabályozások után ezek váltak uralkodóvá. Mivel a mintaterületen a fejlett és érett kanyarulatok külső íve általában közel található az árvízvédelmi töltéshez, így itt a folyóhátak csak korlátozottan tudtak fejlődni vagy a gát illetve a kubikgödrök miatt nem azonosíthatók egyértelműen.

A Maroson az aktív folyóhátak szélessége jellemzően 10-65 m. A legkeskenyebb folyóhátak 10-12 m szélesek, ilyen tekintetben gyakorlatilag nincs különbség a Maros két partja között (2. ábra). Ugyanakkor az északi parton átlagos szélességük 50 m, míg a déli parton csupán 37 m. Még szembevetőbb az eltérés a legszélesebb folyóhátakat tekintve, ugyanis az északi part legnagyobb szélességű aktív folyóháta (224 m) csaknem kétszer akkora, mint a déli part legnagyobb formája (102 m). A Maros két partján a folyóhátak szélességkülönbségét befolyásolja (1) a kialakulásukhoz rendelkezésre álló tér nagysága (azaz a hullámtér szélessége), (2) a hullámteret érintő direkt emberi beavatkozások, illetve (3) a meder délre tolódása. Van, ahol a hullámtér elég széles ahhoz, hogy ne gátolja a folyóhátak kialakulását (pl. 53,7-29 fkm), azonban a vizsgált terület alvízi felén (29-0 fkm) a folyóhátak disztális peremét a gát jelenti. A kubikgödrök is befolyásolják a folyóhátak morfológiáját, hiszen először ezeket fel kell töltenie a folyónak ahhoz, hogy a LiDAR felvételen megjelenjen a folyóhát, mit pozitív forma. A két oldalon kialakuló folyóhátak maximális szélességeinek különbsége magyarázható a délre tolódó mederrel (BALOGH M. ET AL. IN PRINT), mivel így az északi part folyóhátai kevésbé vannak



2. ábra Az aktív folyóhátak szélességviszonyai



3. ábra A Maros aktív folyóhátainak magassága és a vízszínesés kapcsolata



kitéve az erózióknak, ezáltal pedig hosszabb ideig fejlődhetnek, magasodhatnak, mint a déli oldal folyóhátai.

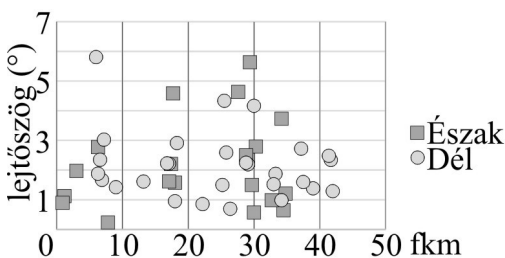
Megvizsgáltuk azt is, hogy a meder átlagos szélességének a változása és a folyóhát szélessége mutat-e összefüggést. A keskenyebb aktív folyóhátak jellemzően a szűkülő szakaszokat kísérik, míg a szélesebbek a táguló vagy nem változó szakaszokat. A szűkülő szakaszok mentén megjelennek a dupla folyóhátak is, ugyanis a meder szűkülésével az addig aktív folyóhát távolabbra kerül a medertől és inaktívvá válik, míg a meder és az inaktívvá váló folyóhát között megindul egy új folyóhát képződése. A fejlett és érett szakaszok folyóhátai rendszerint 20-50 m szélesek, míg a fejletlen vagy közel egyenes szakaszokon változatos szélességben fejlődtek ki.

A folyóhátak átlagos (0,93-0,95 m) és maximális (1,63-1,65 cm) magasság értékei között nincs jelentős különbség a folyó két oldalán. Ugyanakkor az északi parton a legalacsonyabb folyóhát magassága 0,3 cm, míg a délin csupán 0,18 m, ami csaknem 40% eltérést jelent (3. ábra). Ennek oka a meder már említett folyamatos dél felé történő eltolódása, hiszen így az északi oldalon tovább épülhet illetve magasodhat a forma, míg délen pusztul.

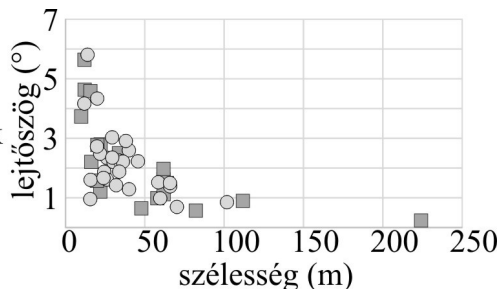
Ott, ahol mindkét oldalon aktív folyóhát van, ott jellemzően hasonló magasságúak. Ezeken a szakaszokon ugyanis hasonló áramlási viszonyok között képződnek, illetve a kanyarulatvándorlás mértéke minimális, így a folyóhátakat mindkét oldalon azonos mértékű erózió vagy akkumuláció éri.

Az aktív folyóhátak lejtőszögében sincs jelentős különbség a két part között, hiszen mindkét oldalon az átlagos lejtőszög  $2,2^\circ$  (4. ábra), és a legnagyobb lejtőszögű aktív folyóhátak is hasonlóak (É:  $5,6^\circ$ , D:  $5,8^\circ$ ). Ezzel szemben a legkisebb lejtőszögű aktív folyóhátak az északi parton csak  $0,2^\circ$ , addig a délin már  $0,7^\circ$  meredekségűek.

A folyóhátak szélessége és lejtőszöge között szoros kapcsolat van: minél keskenyebb a folyóhát, annál meredekebb lejtőjű (5. ábra). Ez azzal magyarázható, hogy a szélesebb folyóhátaknak valószínűleg több idő állt a rendelkezésükre ahhoz, hogy teljes nagyságukban kifejlődjenek, így több árvíz messzebbre szállíthatta anyagukat, ezért a forma lejtőszöge is lankásabbá vált. Ugyanakkor a fiatalabbak még a csupán a part mentén magasodnak, anyaguk még nem rakódott le a távolabbi ártéri területeken.



4. ábra Az aktív folyóhátak lejtőszöge



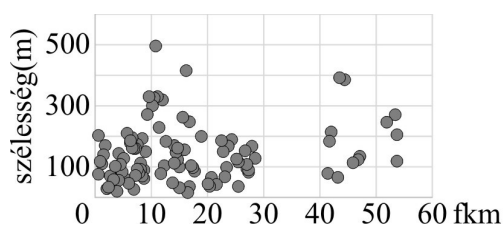
5. ábra A szélesség és lejtőszög kapcsolata

### ***Inaktív folyóhátak morfológiai jellemzői***

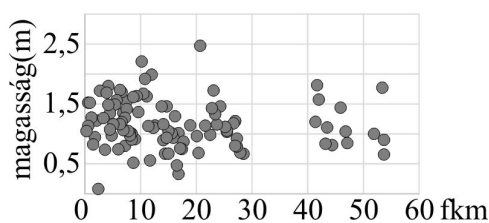
A ma már nem formálódó folyóhátak a mintaterület egészén megtalálhatóak (*1. ábra*), részben a 19. sz-i kanyarulat-átvágásokhoz köthetők, vagy az elmúlt 50-150 év mederszűkülése miatt váltak inaktívvá, hiszen mellettük – alacsonyabb helyzetben – újak képződnek.

A legszélesebb (350-500 m) inaktív folyóhátak ott fordulnak elő, ahol a kanyarulat helyzete az I. katonai felmérés óta változatlan (pl. 53,5-43,5 fkm, 16,5-9 fkm), tehát folyóhátaik több száz évig fejlődhettek, viszont a mederszűkülés révén napjainkban új, kisebb folyóhátak épülnek és a korábbi folyóhát épülése gyakorlatilag leállt (*6. ábra*). Átlagos magasságuk 1,2 m, a legmagasabbak 2,5 m, míg a legalacsonyabbak alig 0,1 m magasak (*7. ábra*).

A Maros mentén az inaktív folyóhátak átlagos lejtőszöge  $0,9^\circ$ , a legmeredekebb forma  $6,9^\circ$ -os lejtésű. A legnagyobb lejtőszögű inaktív folyóhátak a torkolat felé találhatók, mivel itt a torkolatot már 1845-ben kiegyenesítették (LACZAY I. 1975), majd kanyarulatok alakultak ki a szűkülő szakaszon, így a szabályozásokkor kialakított meder folyóháta inaktívvá váltak.



6. ábra A Maros már nem aktív folyóhátainak szélessége



7. ábra A Maros már nem aktív folyóhátainak magassága

### ***Az aktív és inaktív folyóhátak összehasonlítása***

Az inaktív folyóhátak megközelítőleg átlagosan háromszor szélesebbek, mint az aktívak (*1. táblázat*), míg a minimum értékeknél 60 %, a maximumoknál pedig 55% eltérés van az inaktív folyóhátak javára. Ezzel párhuzamosan az inaktív folyóhátak átlagosan 25 %-kal magasabbak is, míg a legmagasabb értékek harmadával és a minimum értékek 45 %-kal nagyobbak. A jelenleg is formálódó folyóhátak átlagosan csaknem 61%-kal meredekebb lejtőszögűek. Míg a legkisebb lejtésű aktív folyóhát kétszer olyan meredek, mint az inaktívak közül a legkisebb, addig a maximumokat tekintve már jóval kisebb (15 %) a különbség.

Az aktív és inaktív folyóhátak közötti méretbeli különbség oka, hogy az egykori folyóhátak kialakulásához több idő állt rendelkezésre, hiszen vagy még a szabályozások előtti kanyarulatok mentén helyezkedtek el és gát hiányában szinte korlátlanul fejlődhettek, vagy a hosszabb ideje szűkülő meder felsőbb szintjében lévő idős folyóhátakhoz tartoznak. Ugyanakkor az aktív folyóhátak legfeljebb a

1. táblázat A Maros aktív és inaktív folyóhátainak jellemző paraméterei

	aktív			inaktív		
paraméter	min.	átlag	max.	min.	átlag	max.
szélesség	10	43,5	224	16	143	496
magasság	0,18	0,9	1,65	0,1	1,2	2,5
lejtőszög	0,2	2,2	5,8	0,1	0,85	6,9

szabályozások óta eltelt kb. 150 évben fejlődhettek, egy igen korlátozott térben. Így aztán az idősebb folyóhátak nemcsak magasodhattak, hanem egyre szélesebbé is válhattak, így egyre inkább besimultak a hullámtérbe, azaz lejtőszögük csökkent. A jelenlegi meder mentén, amennyiben szűkült, megfigyelhetők a kettős folyóhátak, hiszen megmaradt a szűkülés előtti idők folyóháta is, és a szűkülés óta egy újabb folyóhát képződik.

Így a folyóhátak térbelisége és fejlődése alapján három folyóhát-generáció különböztethető meg: (1) a 19. sz-i folyószabályozások előtti mederhez kapcsolódó, mára részben inaktívvá váltak; (2) a jelenlegi meder mentén, legalább 150 éve fejlődők; illetve (3) a szűkülő folyószakaszokon az alacsonyabb térszínen létrejött, legfiatalabb folyóhátak. A generációk nem élesen elválaszthatók, hiszen van olyan mederszakasz, amelyet a 19. századi szabályozások nem érintettek, így itt a folyóhát évszázadok óta fejlődhet, illetve vannak olyan, a szabályozások során kialakított medrek, amelyek mentén a folyóhátak folyamatosan fejlődnek, de olyanok is, ahol fejlődésük már leállt a mederszűkülés miatt.

## Felhasznált irodalom

- ALLEN J.R.L. (1965): Studies in fluvial sedimentation: six cyclotherms from the Lower Old Red Sandstone, Anglo-Welsh Basin. *Sedimentology* 3, pp. 163–198.
- BALOGH M.–KISS T.–SÜMEGHY B.A.: Árterek típusai a Maros mentén. *Földrajzi Közlemények*. In Print (in Hungarian)
- BOGÁRDI J. (1954): A hordalék szerepe a folyószabályozásban. *Vízügyi Közlemények* 36, pp. 135–146 (in Hungarian).
- BRIERLEY G.J.–FERGUSON R.J.–WOOLFE K.J. (1997): What is a fluvial Levee? *Sedimentary Geology* 114, pp. 1–9.
- CASAS A.–RIAÑO D.–GREENBERG J.–USTIN S. (2012): Assessing levee stability with geometric parameters derived from airborne LiDAR. *Remote Sensing of Environment* 117, pp. 281–288.
- CAZANACLI D.–SMITH N.D. (1998): A study of morphology and texture of natural levees–Cumberland Marshes, Saskatchewan, Canada. *Geomorphology* 25, pp. 43–55.
- COBBY D.M.–MASON D.C.–DAVENPORT I.J. (2001): Image Processing of airborne scanning laser altimetry data for improved river flood modelling. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 56, pp. 121–138.
- HUDSON P.F.–HEITMULLER F.T. (2003): Local- and watershed-scale controls on the spatial

- variability of natural levee deposits in a large fine-grained floodplain: Lower Pánuco Basin, Mexico. *Geomorphology* 56. pp. 255–269.
- KISS T.–OROSZI V. GY.–SIPOS GY.–FIALA K.–BENYHE B. (2011): Accelerated overbank accumulation after nineteenth century river regulation works: A case study on the Maros River, Hungary. *Geomorphology* 135. pp. 191–202.
- Laczay I. (1975): A Maros szabályozása és kanyarulati viszonyai. *Vízrajzi Atlasz sorozat*, 19. VITUKI, Budapest, pp. 4–23. (in Hungarian)
- NOTEBAERT B.–VERSTRAETEN G.–GOVERS G.–POESEN J. (2009): Qualitative and quantitative applications of LiDAR imagery in fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms* 34. pp. 217–231.
- SIPOS GY. (2006): Channel dynamics on the Hungarian section of river Maros. PhD Dissertation, Szeged, 138. p. (in Hungarian)
- SITZIA T.–PICCO L.–RAVAZZOLO D.–COMITI F.–MAO L.–LENZI M.A.: Relationships between woody vegetation and geomorphological patterns in three gravel-bed rivers with different intensities of anthropogenic disturbance. *Advances in Water Resources*. In Print
- SÜMEGHY B.A. (2014): The evolution history of the Maros River Alluvial Fan. PhD Dissertation, Szeged, 106. p. (in Hungarian)
- TÖRÖK I. (1977): Regulation plan of the lowland section of River Maros (0-51,33 RKM). ATIVIZIG, Szeged. Manuscript
- WIZEVICH M.C. (1992): Sedimentation of Pennsylvanian quartzose sandstones of the Lee Formation, central Appalachian Basin: fluvial interpretation based on lateral profile analysis. *Sedimentary Geology* 78. pp. 1–47.
- WOLFERT H.P. ET AL. (2002): The formation of natural levees as a disturbance process significant to the conservation of riverine pastures. *Landscape Ecol.* 17. pp. 47–57.

# Horizontális hiba vizsgálata fotogrammetriai úton előállított ortofotó esetén

Barkóczi Norbert Gábor<sup>1</sup> – Szabó Gergely<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
norbert.barkoczi@gmail.com

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.gergely@science.unideb.hu

**Abstract:** The digital orthophoto-map is a geometrically corrected aerial image, which can represent the real surface without distortion. The use of these kind of maps is increasing, especially for the widespread use of the digital stereo-photogrammetry. Nowadays orthophotos and digital surface models can be easily generated with the help of unmanned aerial vehicles (UAV) and small format digital action cameras. However, it is important to carry out quality assessments, to find out what degree of accuracy can we achieve with these tools. DJI Phantom 2 quadcopter and a GoPro Hero 3+ optical camera were used in this project, and 139 images were captured from the area. For reference, 53 points were measured in the field with a RTK-GPS as reference data. The results showed us that we can achieve an average 10 cm horizontally accuracy, with 13 cm RMS error.

## Bevezetés

Napjainkra a pilóta nélküli légi járművek fokozatosan elvesztik „különleges” helyzetüket, és a szakmai élet megszokott szereplőiként beállnak a terepi adatgyűjtő eszközök egyre népesebb táborába. Ezen eszközök segítségével jelenleg leggyakrabban légifotók készülnek, melyekből utófeldolgozással ortofotót és felszínmodellt állíthatunk elő.

A digitális ortofotó-térképeket számos különböző tudományterületen alkalmazzák. Magyarországon széles körben használják például az erdészeti vegetációs térképek, üzemi térképek készítésére, erdőkárak felmérése (BÁCSATYAI L. - MÁRKUS I. 1992), tájszerkezeti vizsgálatokra (SZABÓ SZ. 2009; VARGA ET AL., 2015, FÉLEGYHÁZI ET. AL. 2004), városszerkezeti elemzésekre (GYENIZSE ET AL. 2014). Külföldi kutatások a térképezési lehetőségeit vizsgálják, illetve azt, hogy pontosságukra milyen befolyásoló tényezők hatnak (AYHAN ET AL. 2006; CHIEN-TING ET AL. 2013; CRYDERMAN ET AL. 2014). Precíziós mezőgazdasági kutatásokban is hasznosul, a látható spektrum mellett a közeli infravörös tartományban történő érzékelésekkel (BACHMANN ET AL. 2013). Légifelvételek mellett akár űrfelvételekből is lehet készíteni ortofotókat (PASSINI R. 2004). 1998-ban elfogadásra került a térbeli adatokra vonatkozó amerikai nemzeti standard (National Standard for Spatial Data Accuracy 1996), amely meghatározza (többek közt) az ilyen típusú adatokból előállított térképek, modellek horizontális és vertikális pontosságát, illetve azok számítási módját. Ezekből is következik, hogy szükség van digitális térképezésre,

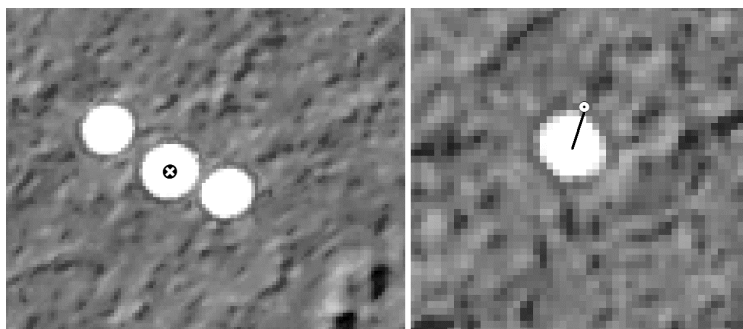
az ortofotó-térképekre, illetve arra, hogy ismerjük a levezetett térképek pontosságát, megbízhatóságát.

Célunk az alacsony magasságból történő, UAV-alapú felmérés adataiból meghatározni, hogy milyen horizontális pontosságot lehet elérni a fotogrammetriai úton előállított digitális ortofotó-térképek esetében.

## Anyag és módszer

A vizsgált terület a Hortobágyi Nemzeti Park területére eső Hegyes-halom nevű kettős kunhalom nyugati tagja volt. A közel kör alakú kunhalom átlagos kiterjedése kb. 100 méter. A repülést DJI Phantom 2-es típusú kvadrokopter segítségével végeztük el. A hozzákapcsolt kamera GoPro Hero 3+ Black Edition típusú kamera volt. Ennek felbontása 12 Mpixel (4000\*3000 pixel), a fókusz távolság pedig 2,77 mm. 139 db felvételt készítettünk a kb. 10 perces repülés során, közel 50 méteres repülési magasságban. Az átlagos távolság két szomszédos felvétel között 6 méter volt. A felmérés során nagy pontosságú RTK-GPS (Stonex S9) módszerrel rögzítettünk 6 földi referencia pont (GCP) X és Y koordinátáit, az abszolút tájékozáshoz (horizontális pontosság  $\pm 1,5$  cm). A referenciapontok viszonylag alacsony számát a terület kis kiterjedése indokolta, mivel eddigi vizsgálataink alapján (BARKÓCZI ET AL., 2015) ilyen kiterjedésű területen elegendő lehet ennyi GCP rögzítése. További 53 helyjelölő pozícióját is rögzítettük (1. ábra), amiket az ortofotó validálásánál használtunk fel, mint referencia adat.

Az így készült légifelvételek Agisoft Photoscan 1.1.6 szoftverben dolgoztuk fel. A szoftver lehetőséget ad az ún. halszemoptikával készült felvételek (pl. GoPro) torzításának kezelésére. Ezt követően a program az átfedő képpárok közös kötőpontjait relatív tájékozással összekapcsolja, majd rögzíti azokat a képek készítési pozícióiban (légiháromszögelés). A következő lépésben elkészíti a 3D pontfelhőt, a számított kardánszögek alapján. Az egyes légifelvételeken automatikusan megtalálja az egyes GCP-eket, illetve utólagos manuális korrekcióval pontosítja azok helyét. A felszínt térbeli, szabálytalan háromszögháló (3D TIN) alapján generáltuk. A szoftverből a digitális felszínmodell, és az ortofotó \*.tiff formátumban került exportálásra. Az



1. ábra GCP a légifelvételen (bal oldal) és referencia pont (jobb oldal)

53 referenciát tartalmazó pont típusú shape fájlt és az ortofotót ESRI ArcGIS 10.2 szoftverben hasonlítottuk össze. Az ortofotón vizuálisan látható referencia pontok helyét manuálisan ugyancsak vektorizáltuk, így páronként összehasonlíthatóvá vált az 53 referencia adat.

Az általános leíró statisztikák mellett az ún. négyzetes középhibát (RMSE – root meansquare error) (WILLMOTT C. J. 2005) számítottuk ki X és Y koordináták irányában, illetve ezen értékek az amerikai standardhoz lettek igazítva. Az RMSE értékének kiszámítása:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}$$

ahol  $P_i$  az ortofotón lévő referencia pontok pozíciója, míg az  $O_i$  pedig a megfigyelt, mért adatok koordinátái. Az X és Y koordináták esetében is kiszámítottuk az RMSE értéket, illetve egy összesített RMSE<sub>r</sub> értéket is, ami a kettő összege. Továbbá az amerikai számítási standard alapján ( $1.7308 * RMSE_r$ ), egy korrigált RMSE<sub>r</sub> értéket is feltüntetünk, amivel a szisztematikus hibákat ki lehet küszöbölni. A statisztikai vizsgálatokat MS Excel, és Past szoftverben végeztük el. A hibák ábrázolásához CE90 módszert használtunk (YOUNDEN W.J. 1959), aminek lényege, hogy egy koordináta-rendszerben ábrázoljuk az X és Y hibákat előjelhelyesen, majd egy olyan kört rajzolunk a pontok köré, ami magában foglalja azok 90%-át. Így vizuálisan könnyebben értelmezhető, hogy mekkora az az érték, ami alá az adatok 90%-a esik. CE90 diagramot a MedCalc szoftverben hoztuk létre.

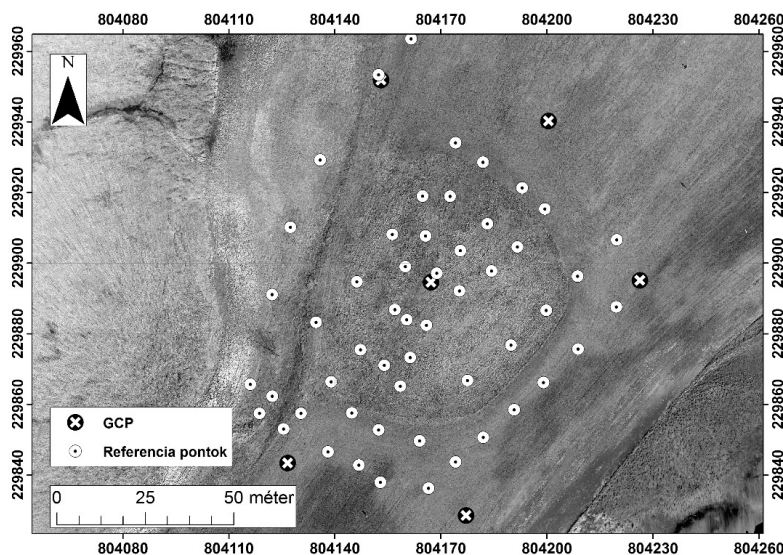
## Eredmények

Az elkészült ortofotó kiterjedése 13 ha, a geometriai felbontása 2,3 cm/pixel, a pontfelhő sűrűsége 490 pont/m<sup>2</sup>. A 2. ábrán látható a kunhalom területéről készült digitális ortofotó-térkép. Fehér körrel a referencia pontok helye, fehér X-el pedig a GCP-k láthatóak. Az ortofotón vizuálisan jól kirajzolódik a kunhalom körvonala (részben természetes, részben antropogén okok miatt). A GCP-k helyét a kunhalmon kívüli sík térszínen, illetve egyet annak legmagasabb pontján határoztuk meg. A további referencia pontokat egyenlően elosztva a kunhalom területén, illetve a közvetlen környezetében telepítettük.

Az ortofotó X és Y irányú hibáit tartalmazó táblázatban (1. táblázat) láthatjuk, hogy az átlagos hiba az X koordináták esetén 8,4 cm, az Y koordináták esetén 11 cm. Szórásuk 6-7 cm közötti értéket vesz fel, de a legnagyobb eltérés sem éri el a 35 cm-t. A hibák mediánja az Y koordináta esetén megegyezik az átlaggal (11 cm), az X koordináta esetén alacsonyabb, 6,3 cm. A különbségek négyzetes középhibája (RMSE) 10,8 cm és 12,8 cm. A horizontális hibák RMSE<sub>r</sub> értéke tehát 23,6 cm, ami az amerikai standardban megfogalmazott előírás szerint 40,85 cm.

A CE90 módszerrel ábrázolt koordináta-hibák eloszlását úgy ábrázoltuk (3. ábra), hogy az X koordináták hibáinak mediánja (6,3 cm) a függőleges egyenes, az Y koordináták hibáinak mediánja (11 cm) a vízszintes egyenes. E két egyenes





2. ábra A vizsgált terület digitális ortofotó-térképe (EOV)

1. táblázat Az ortofotó X és Y irányú hibáinak leíró statisztikája

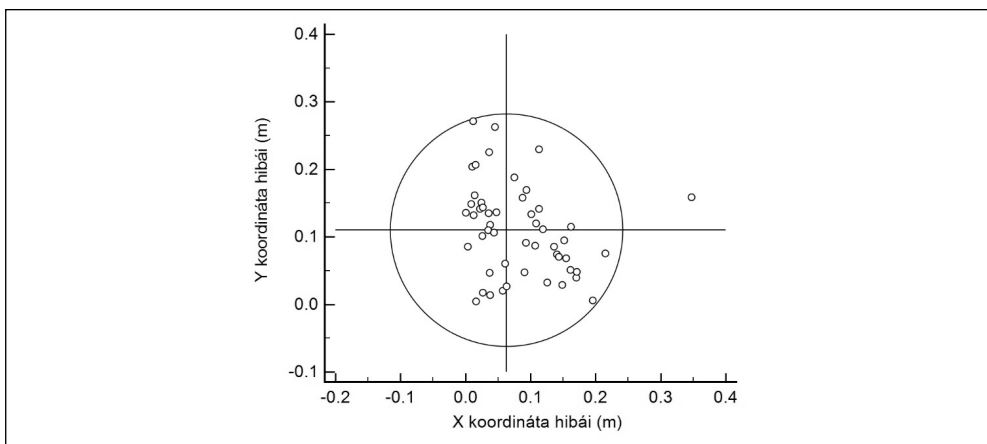
ID	Átlagos abszolút hiba (m)	Szórás (m)	Maximum hiba (m)	Medián (m)	Hibák alsó kvartilise (m)	Hibák felső kvartilise (m)	RMSE (m)
X	0,084	0,07	0,347	0,063	0,026	0,136	0,108
Y	0,11	0,066	0,271	0,11	0,052	0,149	0,128

környezetében szóródnak a hibák értékei. Az X koordináta legnagyobb hibája (34,7 cm) már a körön kívülre esik (egészen az ábra jobb oldalán). Ez a kiugró érték a boxplot diagramon is jól kitűnik (4. ábra). A boxplot a két koordináta hibáit tartalmazza, a középső vízszintes fekete vonal a medián, alatta és felette az alsó és felső kvartilisek, majd keskenyebb fekete vonallal az adatok maximum és minimum értéke. Az Y koordináták hibája átlagosan nagyobb, de a szórás alacsonyabb, a hibák eloszlása homogénebb, kiugró és extrém értékek nem jellemzők.

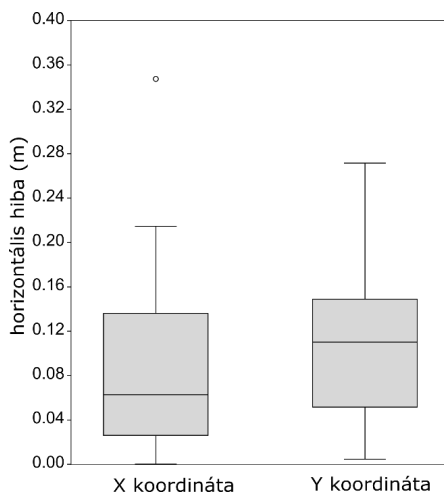
## Összefoglalás

Vizsgálataink kimutatták, hogy a felhasznált eszközökkel (kvadrokopter + GoPro kamera) 50 méteres magasságból történő fényképezéssel kb. 10 cm-es átlagos pontosságot tudunk elérni horizontális irányban. Ebből következően a módszer alkalmas nagy felbontású, és pontos digitális ortofotó-térképek előállítására. A téma további vizsgálatokat igényel, hiszen kérdéses lehet eltérő magasságban fényképezés, vagy változó képátfedés hatása a horizontális pontosságra.





3. ábra X és Y koordináták hibái CE90 módszerrel ábrázolva



3. ábra X és Y koordináták hibái CE90 módszerrel ábrázolva

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatta az Emberi Erőforrások Minisztériuma megbízásából az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által meghirdetett „Egyedi fejlesztést biztosító ösztöndíjak” c. pályázat (Nemzeti Tehetség Program NTP-EFÖ-P-15-0045).

## Felhasznált irodalom

- AYHAN E.–ERDEN Ö.–ATAY G.–TUNÇ E. (2006): Digital Orthophoto Generation with Aerial Photos and Satellite Images and Analyzing of Factors which Affect Accuracy. Photogrammetry and Remote Sensing, XXIII FIG Congress Munich, Germany
- BACHMANN F.–HERBST R.–GEBBERS R.–HAFNER V. V. (2013): Micro UAV Based Georeferenced Orthophoto Generation in VIS+NIR for Precision Agriculture. VD International

Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,  
Volume XL-1/W2, pp. 11–16.

- BÁCSATYA L.–MÁRKUS I. (2001): Fotogrammetria és távérzékelés, Kézirat, Sopron. p. 189.
- BARKÓCZI N. G.–SZABÓ G. (2015): Drón-alapú felszínmodellek pontosságvizsgálata egy alföldi mintaterületen. In: Boda J (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VI. 495 p.
- CHIEN-TING W.–CHENG-YANG H.–CHUN-SUNG C. (2013): An Assessment of Errors Using Unconventional Photogrammetric Measurement Technology with UAV Photographic Images as an Example. Journal of Applied Science and Engineering, Vol. 16, No. 2, pp. 105–116.
- CRYDERMAN C.–BILL MAH S.–SHUFLETOSKI A. (2014): Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations. Geomatica Vol. 68, No. 4, 2014 pp. 309–317.
- CZIMBER K. (2002): Geoinformatika. Elektronikus jegyzet, Sopron, 2002, p. 101.
- FÉLEGYHÁZI E. –SZABÓ J.–SZÁNTÓ ZS.–TÓTH Cs. (2004). Adalékok az Északkelet-Alföld pleisztocén végi, holocén felszínfejlődéséhez újabb vizsgálatok alapján. In: Barton G, Dormány G, Kovács F (szerk.) Táj, tér, tervezés: Geográfus Doktoranduszok VIII. Országos Konferenciája tudományos közleményei. Szeged, p. 58.
- GYENIZSE P.–BOGNÁR Z. (2014): The Analysis of the Ground Plan Variations of a Town Located in a Floodplain. The case of Szeged, Hungary. JOURNAL OF SETTLEMENTS AND SPATIAL PLANNING 5:(2) pp. 119–126.
- MODIRI M.–ENAYATI H.–EBRAHIMIKIA M. (2015): The Assessment of Orthophoto Quality with Respect to the Structure of Digital Elevation Model. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W5, pp. 487–492.
- PASSINI R.–JACOBSEN K. (2004): Accuracy Analysis of Digital Orthophotos from Very High Resolution Imagery, ISPRS Congress, Istanbul 2004, IntArchPhRS. Band XXXV, B4, pp. 695–700.
- SUBCOMMITTEE FOR BASE CARTOGRAPHIC DATA FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE (1996): Geospatial Positioning Accuracy Standards. Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy, NSDI. Virginia, USA.
- SZABÓ SZ. (2009): Tájmetriai vizsgálatok lehetséges adatbázisai In: Szilassi P, Henits L (szerk.) Tájváltozás értékelési módszerei a XXI. században: tudományos konferencia és műhelymunka tanulmányai. 330 p.
- WILLMOTT C. J. (2005): Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root meansquare error (RMSE) in assessing average model performance. Climate Research, 79.
- VARGA O. GY.–TÚRI Z. (2015): Eltérő táji adottságú mintaterületek vizsgálata objektum alapú képfeldolgozással. In: Boda J (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VI. 495 p.
- YOU DEN W. J. (1959): Graphical diagnosis of interlaboratory test results. Industrial Quality Control, 15, pp. 24–28.

# Szőlő termőhely térképezés légi távérzékelési módszerekkel

Bekő László<sup>1</sup> – Enyedi Péter<sup>2</sup> – Kiss Alida<sup>3</sup> – Lucas Grégory<sup>4</sup> –  
Lukácsy György<sup>5</sup>

<sup>1</sup> kutatási koordinátor, Károly Róbert Főiskola, Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet,  
ifj.beko.laszlo@gmail.com

<sup>2</sup> kutató mérnök, Envirosense Hungary Kft.  
enyedipeti@gmail.com

<sup>3</sup> kutatási koordinátor, Károly Róbert Főiskola, Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet,  
kiss.alida@gmail.com

<sup>4</sup> kutatási koordinátor, Károly Róbert Főiskola, Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet,  
gregory.luc4s@gmail.com

<sup>5</sup> egyetemi adjunktus, Budapesti Corvinus Egyetem, Szőlészeti Tanszék,  
glukacsy@yahoo.com

**Abstract:** The Tokaj Wine Region is the northernmost wine producing site of Hungary. The vineyards are unevenly spread in total 27 villages of Tokaj region. The environmental factors of producing site, and the location, aspect and slope of vine parcels effect on vine quality and yields. Advanced remote sensing technologies contribute to state-of-the-art producing site mapping roles. The aim of our study was to determine the state of vineyards of each single parcel of the integrated area, and the characterization of the ecology of the vineyard sites. Using aerial images the number and scope of vine parcels were determined. Vegetation indices were calculated based on hyperspectral images and using LiDAR height data different kind of vector graphic layer were implemented, furthermore high resolution NDVI was transformed based on high accuracy orthophotos, besides vine rows detectability was investigated.

## Bevezetés

Földünk klímája folyamatosan változik, ami nagy kihívást jelent a különböző mezőgazdasági tevékenységekkel foglalkozó gazdálkodók számára, a termelőktől az integrátorokon keresztül egészen a feldolgozókig.

A környezeti tényezőkkel kapcsolatos problémák mellett általánosan elmondható, hogy napjainkban a szőlőtermesztésben kevésbé alkalmazzák a különböző Információs Technológiai megoldásokat. Az alkalmazások köre zömében a vállalatirányítási rendszerekre korlátozódik. Előfordul még a szőlőtermést alapjaiban meghatározó meteorológiai paraméterek mérésére alkalmazott rendszerek használata is, azonban rendkívül ritka azoknak a megoldásoknak az alkalmazása, amelyek a termőhelyi adottságok pontos felmérésén alapulnak, valamint a termelés térbeliségében rejlő és abból kinyerhető információtöbbletre építenek.

A szőlő termőhelyek környezeti tényezői, mint a parcellák elhelyezkedése, tájolása, tengerszint feletti magassága, térbeli változásai hatással vannak a rajta termelt szőlő minőségére és a termésmennyiség alakulására (HALL, E. ET AL. 2003). Sok esetben egy nagyobb szőlőparcellán belül lévő azonos korú, fajtájú és művelési

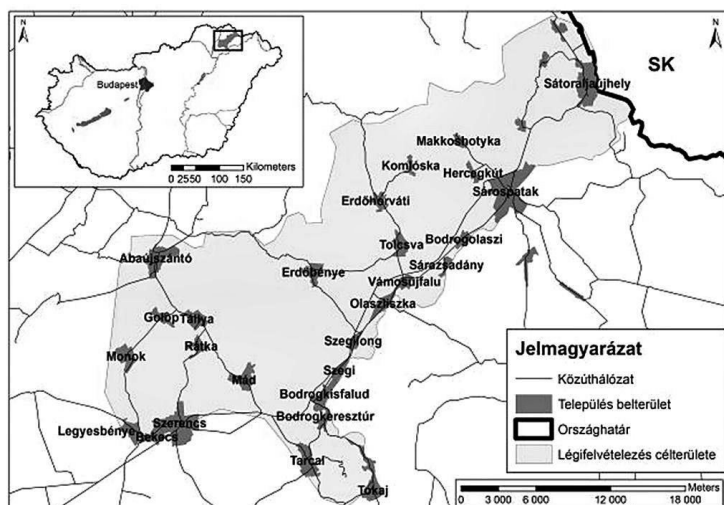
módú szőlő produktivitását nagymértékben befolyásolják a topográfiai tényezők változásai, a talaj fizikai és kémiai jellemzői, valamint a mezoklimatikus hatások is (BRAMLEY, R. G. V.–HAMILTON, R. P. 2004). A szőlőtermesztésben az optimális termőhely megválasztása hosszú távú döntés és elengedhetetlen a minőségi termék előállításához (idénygyümölcs, és bor előállítása), ezért kellően megalapozottnak kell lennie (erőforrás, tőke, és időráfordítás megtakarítás). Fontos megemlíteni, hogy maga a szőlőtermesztés (különösen a nagy ültetvények esetén) gyakran inhomogén környezetben zajlik, az említett különböző domborzati, talajtani, meteorológia viszonyok, adottságok miatt. A szőlő termőhelyi tulajdonságokat jellemző változók térképezése jelentős mennyiségű alapadatot igényel és ezeknek az adatoknak a hagyományos módon történő előállítása időigényes és drága lehet (HALL, E. ET AL. 2003; DELENNE, ET AL. 2010). Az ilyen komplex célú térképezési feladatokra a körszerű légi aktív és passzív távérzékelési technológiák önmagukban is jól alkalmazhatóak, de a technológiák által szolgáltatott adatok integrált feldolgozásával és elemzésével, a belőlük előállítható kvalitatív és kvantitatív információk köre növelhető. Az ilyen módon előállított komplex adatok nagymértékben segíthetik a szőlő termőhelyen gazdálkodók munkáját.

A Tokaj Kereskedőház Zrt. egyedüli állami tulajdonú borászatként egy komplex ültetvény állapot és termőhelyi potenciál felmérést indított el a Tokaji borvidéken, mely hazánk legészakibb szőlő termőhelye, mely a Tokaj-Zempléni hegyvidék agroökológiai körzetben alakult ki. A borvidéken a szőlőtermelés 5500 hektáron folyik, de a termesztésre alkalmas területek meghaladják a 11000 hektárt (LUKÁCSY ET AL. 2014). Jelen munkánkban a Tokaj Kereskedőház Zrt. által indított komplex ültetvény és termőhely felmérési munka keretében, a Károly Róbert Főiskola Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet által készített légi multiszenzoros felmérésekből származó adatokat és azok felhasználási köreit mutatjuk be. Megvizsgáljuk, hogy a különböző előállítható adatok és információk, milyen módon alkalmazhatóak egy komplex termőhely térképezési, illetve döntéstámogató rendszerben.

## **Anyag és módszer**

Kutatóintézetünk a Tokaj Kereskedőház Zrt. megbízásából 2013 óta végez légi felvételezéseket a Tokaji borvidék területéről. Ezek az adatgyűjtések a ténylegesen szőlővel borított területeken kívül a borvidék tágabb környezetéről, a korábban felhagyott és potenciálisan szőlőtermesztésre alkalmas területeket is magába foglalják (*1. ábra*).

A repülési kampányok során két alkalommal készültek vegetációs időszakban és egy alkalommal vegetációs időn kívül légi hiperspektrális felvételek, valamint egy alkalommal ortofotók és lézerszkennelt adatok a célterületről. A légifelvételek feldolgozását, kalibrációját, terepi kiegészítő méréseit is a KRF Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézete végezte a légifelmérésekkel egy időben. A felvételezések főbb paramétereit az *1. táblázat* tartalmazza.



1. ábra A légi felmérés célterülete

1. táblázat A légi felvételezések főbb paramétereit

	Ortofotó		Hiperspektrális				Lézer- szkenner
	VIS	NIR	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR	
<b>Szenzor típus</b>	Leica RCD30 RGBN		AISA Eagle II	AISA Hawk	AISA Fenix1k		Leica ALS70-HP
<b>Spektrális tartomány</b>	400-700 nm	720-1150 nm	400-1000 nm (128 db csatorna)	1000-2450 nm (244 db csatorna)	380-1000 nm (179 db csatorna)	1000-2450 nm (241 db csatorna)	1064 nm
<b>Repülési magasság (AGL)</b>	1200 m		1400 m	1400 m	1400 m	1400 m	1200 m
<b>Terepi felbontás</b>	12 cm		1 m	3 m	1 m		4 pont/m <sup>2</sup>
<b>Felvételezés időpontja (év)</b>	2014		2013	2014	2015		2014

A hiperspektrális felvételek radiometriai és geometriai korrekciója után, a látható és közeli infravörös (VNIR) tartományú felvételekből, a termőhelyen található szőlők minőségi tulajdonságait és fajtaösszetételét vizsgáltuk a különböző biofizikai változókon és irányított osztályozási módszereken keresztül (BURAI ET AL. 2015). A rövid hullámú-infravörös (SWIR) felvételeket a talajparaméterek becslésére alkalmaztuk. A lézerszkennelt pontfelhő feldolgozása után nagy raszter felbontású magassági modelleket deriváltunk, melyekből további származtatott adatokat állítottunk elő. A nagy felbontású ortofotókat, a kiválasztott spektrumokat, valamint a magassági modellekből készített normalizált digitális felszín modellt (nDSM=DSM-DTM) objektum alapú képkéértékeléssel a szőlősor szintű paraméterek becslésére használtuk fel.

A távérzékelte adatok térinformatikai feldolgozását és elemzését Esri ArcGIS 10.2 és ENVI/IDL 5.0 szoftverekkel végeztük. Az objektum alapú képelemzést Trimblee Cognition 8.8 szoftverrel, a pontfelhő műveleteket a Bécsi Műszaki Egyetemen fejlesztett OPALS (Orientation and Processing of Airborne Laser Scanning Data) szoftverrel végeztük.

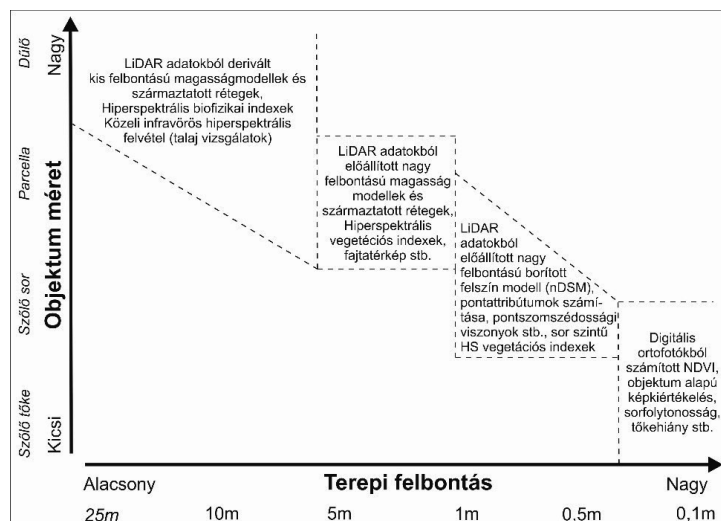
## Eredmények

A légi távérzékelési technológiák által szolgáltatott, különböző terepi és spektrális felbontású adatok a szőlőtermesztés minden térbeli egységén (szőlőtőkétől, sortól a nagy kiterjedésű termőhelyekig) támogathatja a gazdálkodókat térbeli információkkal és becsült paraméterekkel. Mivel a felvételezések nem csupán a meglévő és művelt szőlőparcellákra korlátozódtak, hanem az egész borvidék területére, ezért a rendelkezésre álló téradatbázis segítséget nyújthat a jövőbeli telepítési területek optimális kiválasztásában és tervezésében.

A különböző távérzékelési módszerek technológiai korlátai szabják meg az elérhető terepi felbontás maximumát, és vele együtt a térképezhető objektumok méretét és összetettségét is. Ezért a parcellánál kisebb méretű, sor vagy akár tőke szintű objektumok paramétereinek az előállítása a nagy terepi felbontásra képes ortofotókból, illetve a nagy pontsűrűséggel készített lézerszkennelt felvételekből interpolált nagyfelbontású magasságmodellekből és rétegekből lehetséges. A nagy spektrális felbontású hiperspektrális felvételek, az egy méteres terepi felbontás mellett a parcellánál kisebb objektumok biofizikai jellemzésére korlátozottan alkalmazhatóak. A hiperspektrális felvételek terepi felbontásának növelésével a jel-zaj arány csökken, ami szintén korlátozza a felvételekből kinyerhető információk pontosságát. A lézerszkennelt felvétel pontosztályaiból interpolálható különböző felbontású magasságmodellek, és az azokból származtatott egyéb rétegek (kitettség, lejtőszög, stb.), valamint a pontfelhő pontjaira számított különböző attribútumok (pl.: szomszédossági viszonyok, lokális minimumok és maximumok, nyitottság stb.) alkalmasak a szőlő termőhelyek környezeti tényezőinek a meghatározására a termőhelytől a szőlősorokig. A távérzékelte felvételek különböző szintű és részletességű, szőlő termőhely térképezéshez alkalmazható adatait a 2. ábra szemlélteti.

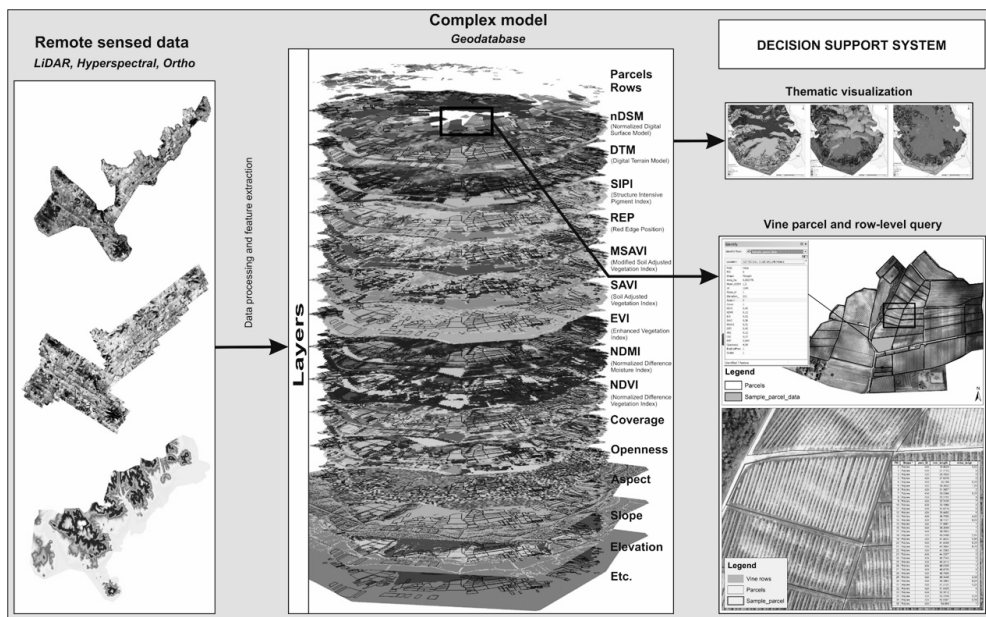
Az adatok feldolgozása során előállított termőhelyre, illetve szőlő parcellákra, sorokra vonatkozó kvalitatív és kvantitatív információk egységes geodatbázisba integrálásával a különböző térbeli információk (pl.: kitettsége, nyitottsága, egészségi állapota, tökehiánya stb.), parcella és dűlő szinten is lekérdezhetővé, hozzáférhetővé válnak. A távérzékelte adatok talajtani és meteorológiai adatokkal történő kiegészítése tovább növeli a komplex modell alkalmazhatóságát és megbízhatóságát. A rendszer által kezelt rétegekből különböző tematikus megjelenítéseket, térképeket is elő lehet állítani, amik hozzájárulnak a telepítések, beavatkozások, betakarítások tervezéséhez, vizualizációjához. Továbbá az elvégzett légi felvételezéseknek köszönhetően a már meglévő (korábbi) adatokat, térképi állományokat is lehetséges





2. ábra Távérzékelte adatok szőlő termőhely térképezés célú lehetőségei

nyílt aktualizálni, integrálni az újonnan kapott komplex modellbe. A távérzékelte adatok felhasználásával elkészített tematikus rétegeknek köszönhetően a Tokaj Kereskedőház Zrt. a bemutatott három technológiával készített légi felvételeknek köszönhetően rövid és hosszú távú előnyökkel is számolhat, termelési és felvásárlási oldalról egyaránt. A rövid távú előnyök közé tartozik a tökehiányos sorok, parcellák, ültetvények detektálásával nagyobb biztonsággal megvalósítható termelés felügyelet, valamint tervezhetőbbé válik a felvásárlás és pontosabban lehet következtetni az éves



3. ábra Komplex modell koncepciója

termés alakulására. Az egyes termőhelyek pontos behatárolásával, valamint az ott jellemző domborzati, környezeti (lejtőkategória, kiettség stb.) és időjárási (fagyzug, csapadék) adatok integrálásával és digitális térképeken való megjelenítésével a termelés hatékonyságának növelésén túl lehetőség nyílik a felvásárlásra kötött szerződések termőhely alapon való megvalósítására. Hosszú távon az új adatállomány birtokában precízebben és megalapozottabban tervezhető új ültetvények kivitelezése (terület választás) és a meglévő szőlő termő területek esetleges struktúraváltása (új szőlőfajta kiválasztása, telepítése), vagyis a termőhelyek hosszú távon való optimalizálása (megfelelő helyre, megfelelő szőlőfajta kerüljön a megfelelő termelés kivitelezésével). A távérzékelte adatokból felépítette komplex modell rendszerét a 3. ábra szemlélteti.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP-4.2.2.D-15/1/KONV-2015-0010 azonosító számú „Távérzékelési és zöldenergia témájú célzott komplex alapkutatási programok előkészítése, hálózatosodás és felkészülés nemzetközi programokban és kezdeményezésekben való részvételle” című projekt keretei között készült el.

### Felhasznált irodalom

- BRAMLEY, R. G. V.– HAMILTON, R. P. (2004): Understanding variability in winegrape production systems, Australian Journal of Grape and Wine Research, 10(1), pp. 32–45.
- BURAI, P.–DEÁK, B.–VALKÓ, O.–TOMOR, T.(2015): Classification of herbaceous vegetation using airborne hyperspectral imagery. Remote Sensing, Vol. 7 (2), pp. 2046–2066.
- DELENNE, C.–DURRIEU, S.–RABATEL, G.–DESHAYES, M. (2010): From pixel to vineparcel: A complete methodology for vine yard delineation and characterization using remote sensing data, Computers and Electronics in Agriculture 70, pp. 78–83.
- HALL, E.–LOUIS, J.–LAMB, D.(2003): Characterising and mapping vineyard canopy using high-spatial-resolution aerial multispectra images, Computers and Geosciences 29, pp. 813–822.
- LUKÁCSY GY.–TOMBOR A.–GORECZKY A.–NAGY L.–SZABÓ J.–LÁSZLÓ P.–BURAI P.–BEKŐ L.–JUNG A.–KRISTÓF D.–BISZTRAY GY. D.–BÁLÓ B. (2014): Evaluation of state of vineyards and characterization of vine yard sites of the integrated area of Tokaj Kereskedőház Ltd. in Tokaj region, TERROIR KONFERENCIA – Tokaj, Eger (2014. július 7–10.)



# Application oriented analysis of remote sensed data sets

Dávid Berke

PhD student, Budapest University of Technology and Economics (BUTE), Department of Networked Systems and Services, berked@hit.bme.hu

**Abstract:** It is generally viewed, that not only the usage of GIS is widespread, but also the distribution of professionals and researchers using it is. GIS users include research centres, businesses, specialised academic organizations as well as individual researchers or laymen. For this reason, optimal supporting IT environment (hardware and software elements) cannot be always provided during modelling and realizing geographical information tasks. Therefore, IT engineers have to take into account the given running environment, different types of users as well as have to ensure modifiability and development possibilities to design efficient software elements. In this paper I am going to present different application oriented methods, via an own designed application, which can use remote sensed data sets to implement a photogrammetric evaluation task. My main purpose is to provide some different, exercise based support alternatives for GIS software development.

## Introduction

The main task was a photogrammetry coverage verification, in which particular metadata sets of aerial images were processed and evaluated by an own designed software module written in Python language. The practical goal was detecting all those aerial images – based on a given minimal threshold – which are not covered by the others. Additionally, there – technically – was another purpose: the software module had to run inside a given GIS application named QGIS. Because the running environment was predetermined, I had to design the calculation algorithm cautiously.

First of all, I revealed the possibilities of programming in QGIS environment: graphical elements, different data structures, advantages and disadvantages of the Python based application programming interface (LAWHEAD 2015, ECMA INT. 2013). That information has been already used in the initial, algorithmization module of my work (see chapter *Algorithm oriented modelling*). During the application development, different types of evaluation were implemented, which can support photogrammetric specialists, who would like to run and execute an analysis (for details, see chapter *Application oriented evaluation*).

In the final step of my work I examined the relevant parameters which could be able to influence the runtime attribute of my application. At the end of this paper I present various improvement opportunities – based on my current results – as possibilities of efficiency increase of the application (see chapter *Application oriented evaluation*).

## Algorithm oriented modelling

In order to avoid direct calculation with large-size aerial images, I represented them with their given corresponding metadata consisting of special mapping elements of the original images in a two-dimensional EOVS-based coordinate set (covering polygon). In this case the initial coverage estimation can be simplified into a simple calculation of coverage of the polygons.

The first idea to calculate this parameter could be an examination with every different covering polygon pairs. Unfortunately, this approach is highly compute-intensive, because in this case we must always compare many EOVS coordinates and calculate the percentage value of coverage, even if the distance based difference within a given polygon pair is large enough to make it automatically zero. For this reason, I added a preventative part to the algorithm named neighbouring identification that can find the neighbours of each polygon (BERKE, 2015).

### *Neighbouring identification*

This algorithm chooses two different polygons in every possible ways and compares them with each other on the single EOVS coordinate. In that case the calculation of the accurate value of coverage is not necessary to decide if this attribute is bigger than zero or not. Although the complexity of this neighbouring identification algorithm is exponential, the coverage estimation – which is more compute-intensive than neighbouring identification – is linear (see subchapter Runtime analysis).

### *Coverage estimation*

This part of my algorithm can calculate coverage value (ILC) between a single polygon and their neighbours. The technique of the estimation is based on an essential coverage calculation mode (KRAUS 1998, PAINE ET AL. 2003) (*Figure 1.*), that had to be improved in the interest of computational accuracy and flexibility.

It is easy to see that the basic way of calculation is optimal when, and only when, the analysed polygons are congruent rectangles and one of their edges is shared with the other. Unfortunately, aerial images may be suffering from various geometric distortions because of atmospheric effects or topographical conditions (DETREKŐI, 2002). The estimation will be able to handle these impacts automatically and efficiently, thus, I improved this calculation technique, which already uses three different proportionality factors – rather than one – based on proper EOVS coordinates of the estimating polygons (*Figure 2*).

Basically, the runtime parameter is greatly increased by the use of this method, but only in a linear way.

When working on aerial images covering large areas, we can assume that the cardinality of neighbours of an ordinary polygon is less by orders of magnitude than a whole polygon pile. Consequently, the above-mentioned amount of additional

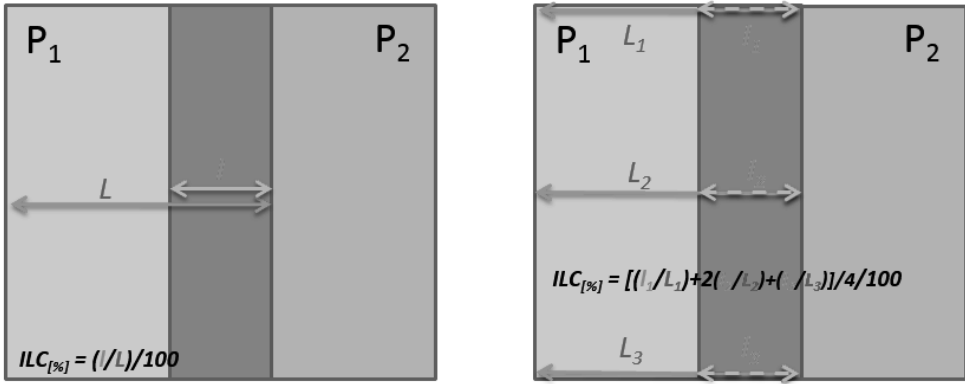


Figure 1. The basic (left) and the applied (right) technique of coverage estimation

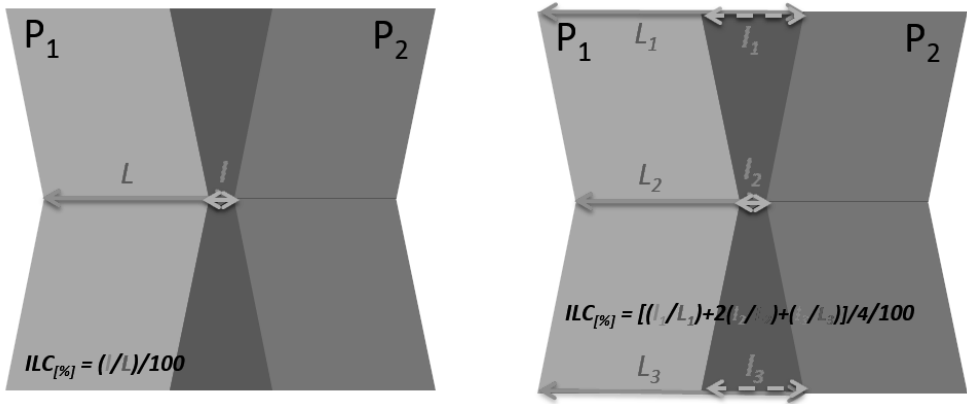


Figure 2. The two coverage estimation techniques used on distorted polygons

processing operations can be considered negligible.

When the coverage estimation process is completed, we can easily decide if there are any proper neighbours of a given polygon such that the coverage value between them is not lower than a given threshold.

### ***Border area examination***

Let us assume that we have to analyse a well-defined geographical area in such a way that leaving of the testing area is not recommended, necessary or it is even prohibited. In such cases the following questions may arise:

- Are there the locations of a polygon pile elements within a given area (border crossing is not allowed)?
- Is every point of an area completely covered by a given polygon pile (border crossing is allowed)?

My border examination algorithm supports a solving mechanism for these issues. If we have an additional closed polyline (border polyline) including two-

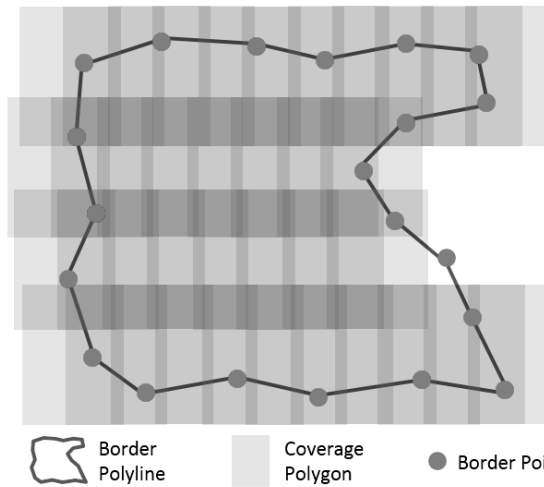


Figure 3. Relation between coverage polygons and border polyline

dimensional EOVS coordinates (border points), analysis of border point containment is realizable by the coverage polygons (Figure 3).

The proceeding builds up two separate parts. In the first one, every covering polygon is identified, those that cover at least one border point from the given border polyline. The main idea of this algorithm based on an ad-hoc routing protocol named AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector), in which there is a smart flooding mechanism to sending control messages between neighbouring nodes without unnecessary message duplicates. With the following algorithmic description, detection of the border polygons is realized (BERKE 2015):

1. Find a covering polygon (cp1), that covers at least one border point!
2. Analyse each neighbour of cp1: choose those that cover at least one border point (cp1\_neighbour\_pile {cp1.1, cp1.2, ..., cp1.n})!
3. Repeat Step 2. with all the elements of cp1\_neighbour\_pile{...}!

Obviously, many technical programming elements have to be provided, including storage management, elimination of polygon test duplications and liquidation of endless loop ability. The efficiency of this algorithm can be traced back to the quality of the neighbouring identification.

The second part of this proceeding will use the first part to decide what non-border covering polygons are there within or without the border. This categorisation task is currently under development.

## Application oriented evaluation

The previously discussed algorithms (except border examination) were implemented into QGIS as an independent software module. Polygons are contained by a special shape file which can be processed by my application module (FÖMI

2015). Categorisation of the polygons – based on their coverage value – is possible now by using my algorithms; thereby specialists can execute coverage verification analysis.

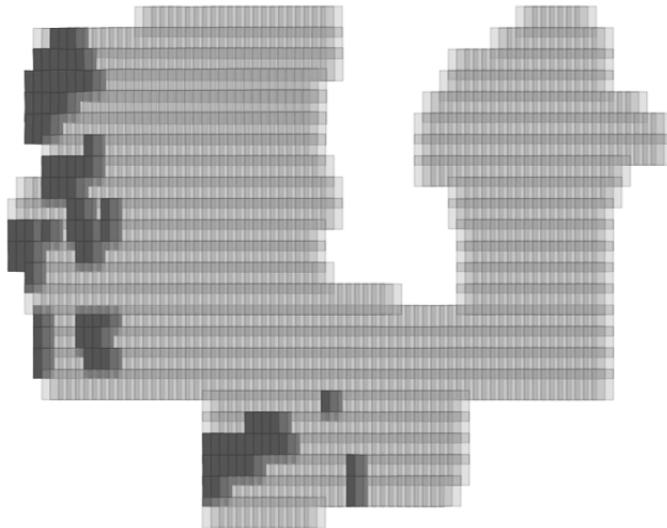
Actual evaluation of my work can be approached from two sides; the software user and the software designer, I am going to write about them below.

### ***Usable results***

This approach is the software user part of my evaluation. Different types of results may be important for special analysts, because methods of usage could be diversified. The first is *QGIS based visualisation* which can separate polygons where the coverage value did not reach the given minimum threshold from the other (*Figure 4*). In the following figure polygons which are not proper in terms of the analysis, indicated in dark grey.

*Text files* include neighbouring information, coverage values, statistical parameters that are very useful if analysts want to compare different metadata sets posterior. Hence, several text files were generated by my application module, like *neighboringData.txt*, *coverageData.txt*, *evaluationStatistics.txt*. Moreover, important analytical abilities like flexibility must be guaranteed, hence I created configuration files through which users can dynamically configure their analysis.

Finally, I wanted to provide parametric results of an evaluation to become portable. This ability is now ensured by *shape file attribute injections* in order to store actual parametric results like coverage value or category type. Thereby every metadata set file can remember the results of the last evaluation.



*Figure 4. Polygon visualisation based evaluation in QGIS*

## Runtime analysis

This evaluation approach is a software designer part based on runtime parameter. When the functionality of the coverage verification was acceptable, I executed 8 different numbered polygon analyses (between 0 and 6000) to characterize runtime.

From all application operations there are only two, which are responsible for more than 99.5% of the value of runtime. The current rate of the coverage estimation is 56.01% and the shape file attribute injection is 43.55% (BERKE 2015). All other actions like coverage estimation, IO operations or file manipulation have less than 0.5% all together. For this reason, in the following part of this chapter I am going to analyse only these actions (*Figure 5*).

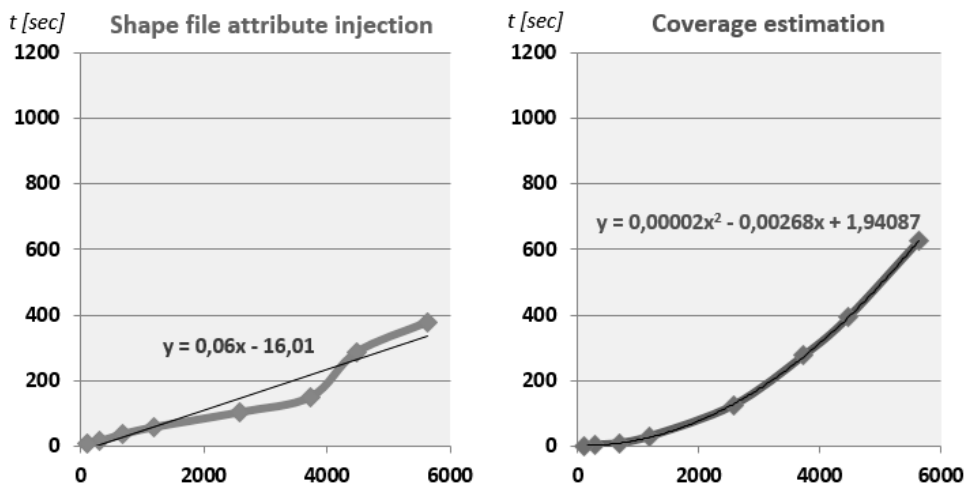


Figure 5. Graph based runtime evaluation

As I already mentioned in chapter *Algorithm oriented modelling*, the exponential nature of the neighbouring identification algorithm has been confirmed (see right element of *Figure 5*). Because the attribute injection is a QGIS specific operation, the use of algorithmic tools to reduce runtime is not possible. However, the neighbouring identification algorithm is improvable and the reduction will be possible.

## Overview, vision

In this paper I presented an own designed application module, several algorithmization issues as well as practical types of software evaluation. These elements are mostly useful for GIS developers and algorithm designers too, because the affected sectors – as we have seen – are not independent from each other. Because

an application can never be developed according to the IT engineers, additional examinations and continuous evaluation are similarly necessary as well as evaluation feedback via algorithmic improvements to create or maintain an efficient and user-friendly application.

Nowadays, I am working to reduce the runtime value of my neighbouring algorithm. The main idea is based on statistical clustering, where the searching mechanism is localized in sub-areas. The calculation of optimal size of these areas is nontrivial; the problem is similar to how to create optimal sized administration unit in 3G or higher mobile communication networks (KAARANEN ET AL. 2005).

The near term vision of my work includes the integration of the pre-sented methodology into my PhD research and the realization of several improvements for example neighbouring estimation, border examination.

My algorithm may increase the efficiency of remote sensing based territorial evaluations in selecting images to ensure coverage parameter. Such practical examples are the evaluation of motorway development area requirements, environmental change monitoring of a given area, or crop estimation (KOVÁCS ET AL. 2010).

## References

- BERKE, D. (2015): Covering estimation algorithm designing and developing of aerial images for 3D visualization (Hungarian), Scientific Student Conference, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary  
<http://tdk.bme.hu/VIK/Jelek/Legifelvetelek-atfedes-vizsgalatat-megvalosito>
- BERKE, J.–BÍRÓ, T.–BUDAI, P.–KOVÁTS, L.D.–KOZMA-BOGNÁR, V.–NAGY, T.–TOMOR, T.–NÉMETH, T. (2013): Application of Remote Sensing in the Red Mud Environmental Disaster in Hungary, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 8, No. 2., 2013, ISSN 1844-489X  
[http://www.researchgate.net/publication/261875346\\_Application\\_of\\_remote\\_sensing\\_in\\_the\\_red\\_mud\\_environmental\\_disaster\\_in\\_hungary](http://www.researchgate.net/publication/261875346_Application_of_remote_sensing_in_the_red_mud_environmental_disaster_in_hungary)
- DETREKŐI, Á. (2002): Geographic information (Hungarian), National Textbook Publisher, Budapest, Hungary
- ECMA INTERNATIONAL (2013): The JSON Data Interchange Format, 1st edition, Geneva, Switzerland  
<http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>
- INSTITUTE OF GEODESY, CARTOGRAPHY AND REMOTE SENSING (FÖMI) (2015): Test data files  
[http://fomi.hu/portal\\_en/index.php/news](http://fomi.hu/portal_en/index.php/news)
- KAARANEN, H.–AHTIAINEN, A.–LAITINEN, L.–NAGHIAN, S.–NIEMI, V. (2005): UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, ISBN: 9780470011034
- KOVÁCS, K.–DOBOS, A.–VÍG, R.–NAGY, J. (2010): Relation analysis between biomass and maize seed production. Időjárás Vol.114, No.4, pp. 263–273.  
<http://www.met.hu/downloads.php?fn=/metadmin/newspaper/2013/07/2f7be626af4709cd3d8e7e722091a450-114-4-3-kovacs.pdf>

- KRAUS, K. (1998): Photogrammetry (Hungarian), Tetria, Budapest, Hungary, ISBN: 963-85129-9-7
- LAWHEAD, J. (2015): QGIS Python Programming Cookbook, Birmingham, UK, ISBN: 978-178398-498-5
- PAINE, D.P.–KISER, J.D. (2003): Aerial Photography and Image Interpretation, John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2003, ISBN 0-471-20489-7, Second Edition, 3 Principles of Stereoscopic Vision
- PERKINS, C.E.–ROYER, E.M. (2003): Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing, New York, USA  
<https://www.cs.cornell.edu/people/egs/615/aodv.pdf>



# Nagyfelbontású légifelvételek képkalkoló eljárásainak összehasonlító elemzése

Berke József<sup>1</sup> – Enyedi Attila<sup>1</sup> – Berke Dávid<sup>2</sup> – Ocskai Zsolt<sup>1</sup> – Major Krisztina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gábor Dénes Főiskola, 1139, Budapest, Mérnök út. 39, berke@gdf.hu

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111, Budapest, Műegyetem rkp. 3.

**Abstract:** A felszín közelében gyűjtött nagy- és ultranagyfelbontású légifelvételek napjainkban elsősorban drónok vagy könnyen mobilissá tehető repülésre alkalmas légi járművek segítségével kerülnek rögzítésre. Ezek a rendszerek elsősorban a CMOS technológiára épülő, Bayer-mintázat alapú képek készítésére alkalmasak. Az érzékelőből kiolvasott adatok és a megjeleníthető végleges kép között számos művelet kerül elvégzésre, melyek közül a legnagyobb eszköz független részt a képkalkoló algoritmusok képezik. Ezek jelentősen befolyásolják a végleges kép paramétereit, így annak tartalmát és szerkezetét.

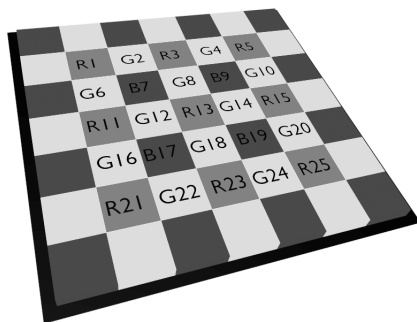
Az alábbiakban bemutatjuk, a legismertebb és leggyakrabban alkalmazott képkalkoló algoritmusok légifelvételek alapú összehasonlító elemzésének eredményeit, képszerkezet és képtartalom alapú, saját fejlesztésű programmal történő mérések alapján.

## Bevezetés

A digitális kamerák széleskörű elterjedése, előtérbe helyezte a megfelelő képkalkoló eljárások/algoritmusok fejlesztését. A leginkább elterjedt kamerák általában egyetlen érzékelőt használnak és az érzékelők Bayer mintázatot követnek. A mintázat létrehozása „Color Filter Array” (CFA) szűrő segítségével történik, amelyet az érzékelő tömbjében foglal el. Ebben az elrendezésben, minden egyes érzékelő csak fényintenzitást érzékel. A színes kép létrehozásához szükséges tudnunk a CFA mintázatot, és megfelelő számítási módszert kell alkalmaznunk. Ezeket a módszereket nevezzük szín interpolációs eljárásoknak, vagy színes demosaicing algoritmusoknak.

Egyetlen érzékelőt tartalmazó kamera a változó intenzitású, elektromágneses hullámot érzékeli, négyzettrács alakban elrendezett képérzékelőkkel. A színes kép létrehozásához, a CFA szűrőt, a lencse és az érzékelők közé kell helyezni. A CFA tehát egy színszűrő, az egyes érzékelők előtt. A szakirodalomban számos különböző CFA konfigurációt javasoltak, azonban az egyik legnépszerűbb elrendezés, a Bayer minta alapú (BAYER, B. E. 1976), (*1. ábra*). Ez a három additív alapszín, a vörös, a zöld és a kék (RGB) színeire épül.

Az egy érzékelős szín interpolációs algoritmusokat (ADAMS, J. E. 1995; BAYER, B. E. 1976; CHEN, T. 1999; COK, D. R. 1986; HIDEMORI, Z. ET AL. 1998; LAROCHE, C. A. 1994; OZAWA, N. 1987; PARULSKI, K. A. 1985; SAKAMOTO, T. ET AL. 1998; WELDY, J. A. 1988; CHAN WEN-HSIN, ET AL. 1986; WU XIAOLIN, ET AL. 1998), két csoportra bonthatjuk: nem adaptív és adaptív algoritmusok. Az előbbieket jelölik azokat az eljárásokat, amelyek esetén az interpoláció (egy csoporton belül) rögzített pixelminta alapján történik.



*1. ábra Bayer mintázat kiterjesztett elrendezése*

Az adaptív algoritmusokra pedig az jellemző, hogy figyelembe veszik a helyi, a pixel környezetében lévő értékeket és ennek függvényében (és nem egy kötött minta alapján) döntenek az interpolált értékekről. Más szóval, az adaptív algoritmusok némi intelligenciával vannak felruházva, ezért sokkal kifinomultabb eredményt adnak.

Az entrópia (BERKE, D. ET AL. 2016; SHANNON, C. E.1948 „A”; SHANNON, C. E.1948 „B”; SHANNON, C. E.1951) és fraktálszerkezet (BERKE, J.2004A; BERKE, J. 2004B; BERKE, J. 2005; BERKE, J. 2006; BERKE, J. 2007; BERKE, D. ET AL. 2016) alapú mérésekre az alábbi algoritmusok kerültek implementálásra:

- Legközelebbi szomszéd alapú interpoláció,
- Bilineáris interpoláció,
- Smooth Hue Transition interpoláció,
- Smooth Hue Transition interpoláció logaritmikus expozíciós térben,
- Él-érzékeny interpolációs algoritmus I.,
- Él-érzékeny interpolációs algoritmus II.,
- Lineáris interpoláció Laplace-féle másodrendű korrekcióval I.,
- Lineáris interpoláció Laplace-féle másodrendű korrekcióval II.

A RAW elnevezés a digitális kamerák érzékelőjéből közvetlenül kiolvasott nyers, feldolgozatlan képi információkat, valamint a felvétel körülményeire és a kamera beállításaira vonatkozó metaadatokat tartalmazó digitalizált adathalmazt jelent. A fényképezőgép módosítást nem hajt végre a RAW adatokon, amely nem tartalmaz színeket, hiszen az érzékelő csak a fény mennyiségét méri. A színek interpolációs algoritmusokkal alakíthatók ki, amelyekből a gépben csak egyféle van, a szoftverekben viszont több megoldás közül választhatunk. A RAW formátum tehát minden információt tartalmaz, ami a digitális kép kialakításához szükséges, de önmagában nem kép. Emiatt a RAW fájlok tartalmaznak egy JPEG képet, hogy a fényképezőgép LCD-jén közvetlenül is meg lehessen nézni az eredményt és annak hisztogramját.

Az egyes algoritmusok vizsgálatához saját fejlesztésű programcsaládot

hoztunk létre, melynek egy részét képezi a RAW/GreyScale TIFF kép interpolálási lehetőség. Az intenzitás adat kinyeréséhez és a számított adat képpé alakításához a nyílt-forrású LibRAW (LibRAW fejlesztői oldala) és LibTiff (LibTiff fejlesztői oldala) csomagok kerültek alkalmazásra. A családot alkotó konzol programok C++ nyelven, Visual Studio (Visual Studio hivatalos oldala) használatával, míg a grafikus kezelő felület a Qtcommunity edition (Qt platform hivatalosoldala) használatával a Qtcreator-ban készültek. Munkánk egyik nagy előnye, hogy a kódbázisok platform függetlensége miatt Windows, Linux és OS X rendszerekre is lefordíthatóak.

## A mérésekhez használt légifelvételek

A vizsgálataink során három jellemzőt mértünk minden képen: entrópia (SHANNON, C. E. 1948A; SHANNON, C. E. 1948B), SFD (BERKE, J. 2007; BERKE, D. ET AL. 2016) és futásidő, továbbá az SSRIR számításra került a BERKE, D. ET AL. (2016) alapján. A teljes méréssorozathoz 100-100 felvétel került kiválasztásra, melyből 48 NIR és 52 VIS tartományú volt (2. ábra) (<http://interpolacio.attilaenyedi.com/>).

A képek Canon EOS 30D VIS és NIR kamerával készültek – a mentett képméret: 3504x2336, az érzékelő mérete (RAW adatok alapján): 3596x2360. A képek terepi felbontása a néhány centiméter/pixel értéktől a néhány deciméter/pixel értékig változott. Jelen publikációban a 100 kép alapján történő mérések eredményeit közöljük. A képek kiválasztásánál figyelembe vettük az eltérő geometriai felbontást, a képtartalmak változatosságát és azok homogenitását is. Az említett nyolc algoritmus mellett, az entrópia, az SFD, a futásidő és SSRIR alapján elvégeztük az Adobe cég,



2. ábra Szemelvények a mérésekhez használt légifelvételekből  
(bal felső NIR, a többi VIS felvétel)

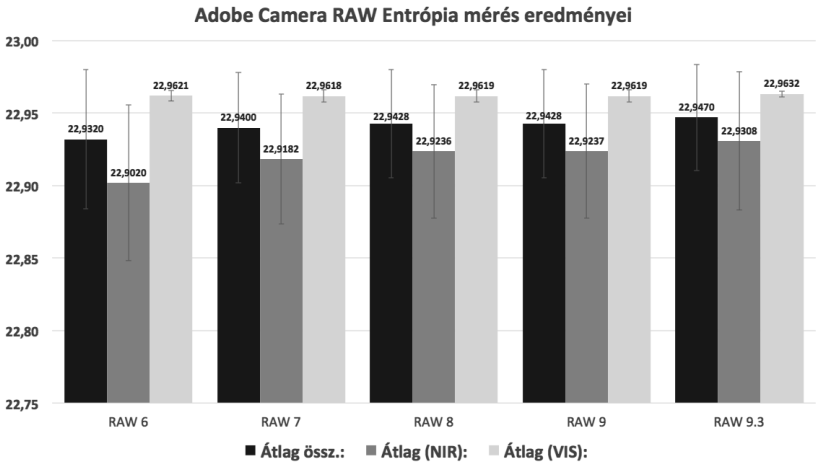
nem publikált, de a gyakorlatban leginkább használt képalkotó eljárásainak (RAW 6.7.0.339, RAW 7.0.0.308, RAW 8.0.0.137, RAW 9.1.1.461 és RAW 9.3.1.520) összehasonlítását is.

Eredmények

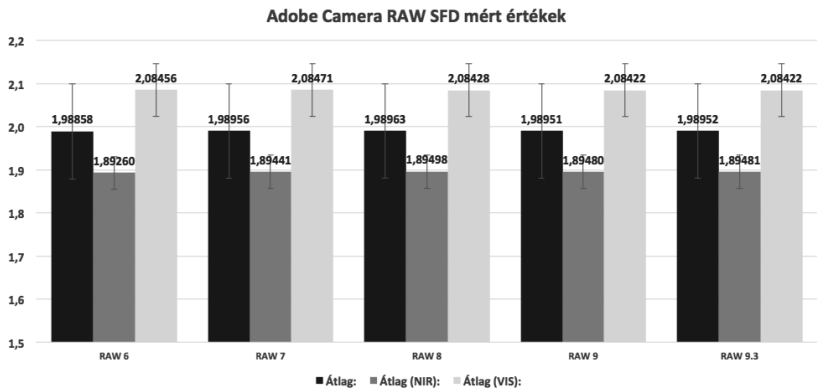
Adobe RAW konverziómérés eredményei

A 3. ábrán az Adobe ötféle képalkotó eljárásának információtartalomra (entrópiára) vonatkozó hatását láthatjuk. A képek átlagos információtartalma minimálisan, de folyamatosan növekedett a modulok időbeli fejlődésével.

Ugyanez a tendencia nem mondható el a szerkezetre (4. ábra), a legmagasabb szerkezeti értéket a RAW6 esetén kaptuk, amely a legrégebbi modul. Ennek egyik oka az lehet, hogy ez a modul tartalmazott legkevésbé hatékony algoritmust és belső zajcsökkentő eljárást.



3. ábra Adobe ötféle képalkotó eljárásának entrópiája



4. ábra Az Adobe ötféle képalkotó eljárásának SFD értékei

A futásidő érdekes képet mutat. Az entrópia számítása 12 másodperc körüli, míg SFD esetén 30 perc körüli értékeket kaptunk, egy Intel Core i7 2,8 GHz, 16 GB DDR3, Mac OS X 10.11 64 bit gépen történő számítással.

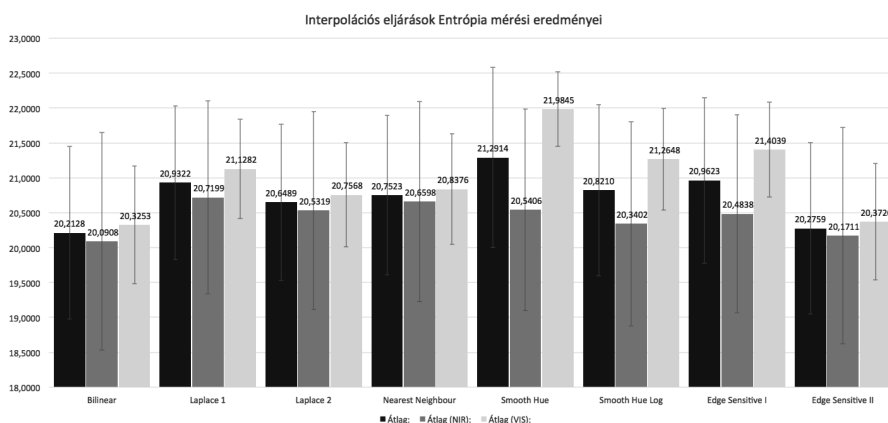
NIR képek esetén az SSRIR érték folyamatosan nő, míg VIS esetén csökken. Mindez a VIS képek esetén alkalmazott zajszűrés eredménye lehet, amely értelemszerűen nem vagy kevésbé mutatkozik NIR kép esetén.

### *Interpolációs eljárások mérési eredményei*

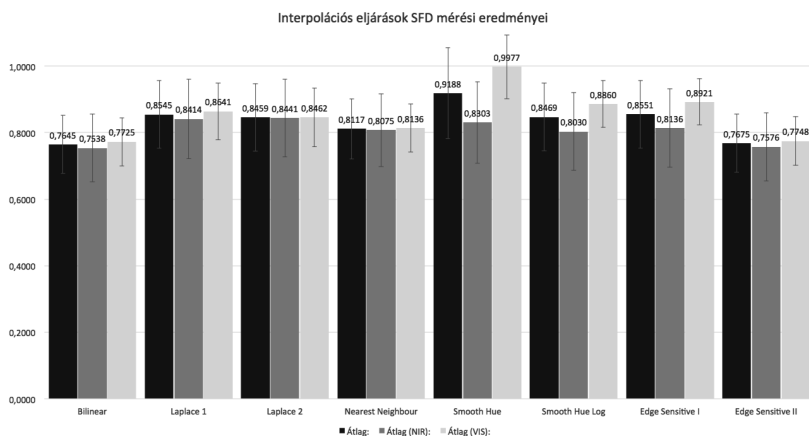
A következő mérési eredményeket bemutató diagramokon az alábbi jelöléseket alkalmazzuk:

- Bilineáris interpoláció - Bilinear,
- Lineáris interpoláció Laplace-féle másodrendű korrekcióval I. – Laplace 1,
- Lineáris interpoláció Laplace-féle másodrendű korrekcióval II. – Laplace 2,
- Legközelebbi szomszéd alapú interpoláció – Nearest Neighbour,
- Smooth Hue Transition interpoláció - Smooth Hue,
- Smooth Hue Transition interp. logaritmus expozíciós térben - Smooth Hue Log,
- Él-érzékeny interpolációs algoritmus I. – Edge Sensitive I.,
- Él-érzékeny interpolációs algoritmus II. - Edge Sensitive II.

Az algoritmusok közül a legmagasabb futásidőt a *Laplace 2*, míg a legalacsonyabbat a *Nearest Neighbour* adta. A *Laplace 2* átlagos futásideje (1,39 sec) több mint kétszerese a Nearest Neighbour (0,57 sec) eljárásnak. Mindez jól közelíti a 20 kép alapú mérések (BERKE, D. ET AL. 2016; CHEN, T. 1999) mérési eredményeit és a kódolás során kialakított program alapján vártakat. A legmagasabb információtartalom – a látható tartományú képek esetén - a *Smooth Hue* eljárásé (21,98 bit) (5. ábra). NIR képek során a legmagasabb entrópiát a *Laplace 1* adta (20,72 bit), amely összefüggésben lehet azzal, hogy az átalakított NIR kamera képeinek élessége nem éri el a VIS képekét, így ezen az él-érzékeny eljárások javítanak, ami esetünkben az entrópia növekedésében jelentkezik.



5. ábra Interpolációs képalkotó eljárások entrópiája



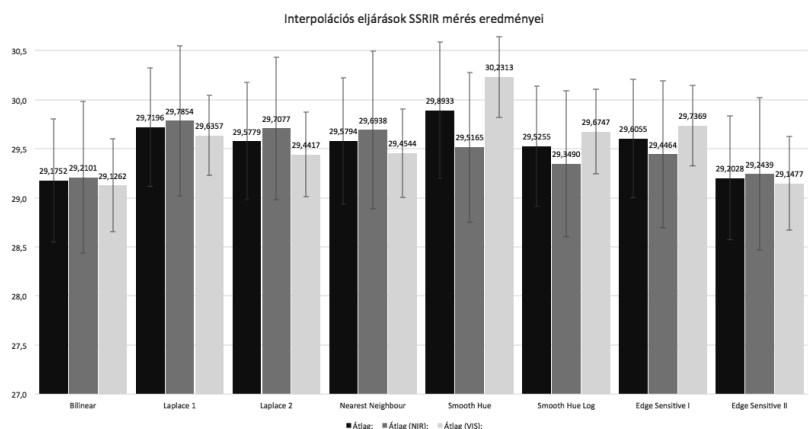
6. ábra Interpolációs képalkotó eljárások SFD értékei

CHEN, 1999 szerint a *Laplace 1* eljárás adja a legjobb minőséget, főleg az élek visszaadása tekintetében. Mindezek megerősítik, hogy az entrópia VIS és NIR képek jellemzésére egyaránt alkalmas.

A képszerkezeti mérések során (6. ábra) a *Smooth Hue* eljárás adta a legmagasabb értéket a VIS tartományban (0,9977), míg a NIR esetén a Laplace 2 (0,8441) CHEN (1999) alapján a *Smooth Hue* típusú algoritmusoknak kisebb a homályosító hatása mint a *bilineáris* interpolációnak, azonban jelentős színárnyalatbeli hibával rendelkezik. Mindez egzaktul kimutatható az SFD képszerkezeti paraméter mérésével.

A legnagyobb futásidőt SFD mérés esetén a *Laplace 1* eljárású képeken mértük (VIS - 90 perc, NIR – 56 perc). A legalacsonyabb futásidőt VIS esetén a *Smooth Hue* Log (16 perc), míg NIR esetén a *Bilinear* adta (10 perc).

Az árnyalatok tekintetében legjobbnak tekintett Smooth Hue eljárás SSRIR értékei a legmagasabbak (30,23), de csak VIS képek esetén. NIR képeknél a



7. ábra Interpolációs képalkotó eljárások SSRIR értékei

legmagasabb értéket (29,79) a *Laplace 1* eljárás adta (7. ábra).

## Összefoglalás

Bayer típusú képérzékelők során alkalmazott képalkotó interpolációs eljárások egzakt mérésére javasoljuk a megszokott MSE és számítási kapacitás mellett az entrópia, SFD paraméterek mérését, valamint az SSRIR számítását is. Ezen paraméterekkel egzaktul mérhető az árnyalatbeli eltérések valamint az egyes eljárások hatása.

Minden olyan esetben ahol Bayer-mintázat alapú képek készítésére alkalmas képalkotó eljárások kerülnek alkalmazásra légifelvételek esetén érdemes figyelni az interpolációs eljárásra és a feldolgozó szoftver verziójára. Adobe RAW konverzió esetén a szerkezetben átlagosan ~0,05 %, a tartalomban ~0,07 % eltérés mutatkozott, ami nem tekinthető jelentősnek. Mindezek mellett az általunk kinyert adatok vizsgálata során, az interpolációs eljárások esetén a szerkezetben átlagosan ~20 %, a tartalomban ~5 % eltérés mutatkozott, melyek a további feldolgozásokat (zajsűrítés, szegmentálás, osztályozás, stb.) alapvetően befolyásolhatják.

## Felhasznált irodalom

- ADAMS, J. E. (1995): „Interactions between color plane interpolation and other image processing functions in electronic photography”, *Proceedings of SPIE* Vol. 2416 pp. 144–151.
- BAYER, B. E. (1976): „Color imaging array”, U.S. Patent 3, 971,065.
- BERKE, J. (2004a): Fractal dimension on image processing, 4th KEPAF Conference on Image Analysis and Pattern Recognition, Vol. 4, p. 20.
- BERKE, J. (2004b): The Structure of dimensions: A revolution of dimensions (classical and fractal) in education and science, 5th International Conference for History of Science in Science Education, July 12 – 16.
- BERKE, J. (2005): Spectral fractal dimension, *Proceedings of the 7th WSEAS Telecommunications and Informatics (TELE-INFO '05)*, Prague, pp. 23–26, ISBN 960 8457 11 4.
- BERKE, J. (2006): Measuring of Spectral Fractal Dimension, *Advances in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, Springer pp. 397–402., ISBN 10 1-4020-5262-6.
- BERKE, J. (2007): Measuring of Spectral Fractal Dimension, *Journal of New Mathematics and Natural Computation*, ISSN: 1793-0057, 3/3, pp. 409–418.
- BERKE, D. ET AL. (2016): Digitális képalkotó algoritmusok összehasonlító elemzése képszerkezetés entrópia alapján”, Eighth Hungarian Conference on Computer Graphics and Geometry, 2016. március 30–31.
- CHEN, T. (1999): A Study of Spatial Color Interpolation Algorithms for Single-Detector Digital Cameras, Psych221/EE362 Course Project, Information System Laboratory, Department of Electrical Engineering, Stanford University.



- CHAN, WEN-HSIN, ET AL. (1986): „A Mega-Pixel resolution PC Digital Still Camera”, Proceedings of SPIE Vol. 2654, pp. 164–171.
- COK, D. R. (1986): „Single-chip electronic color camera with color-dependent birefringent optical spatial frequency filter and red and blue signal interpolating circuit”, U.S. Patent 4,605,956.
- HIDEMORI, Z. ET AL. (1998): „A New digital signal processor for progressive scan CCD”, IEEE Transactions on Consumer Electronics. Vol.44, No.2, pp. 289–295, May 1998.
- KOZMA-BOGNÁR, V. (2012): Investigation of Hyperspectral Image Processing and Application in Agriculture, Ph.D. dissertation, University of Pannonia.
- LAROCHE, C. A. (1994): „Apparatus and method for adaptively interpolating a full color image utilizing chrominance gradients”, U.S. Patent 5,373,322.
- MANDELBROT, B. B. (1983): The fractal geometry of nature, W.H. Freeman and Company, New York.
- OZAWA, N. (1987): „Chrominance signal interpolation device for a colorcamera”, U.S. Patent 4,716,455.
- PARULSKI, K. A. (1985): „Color Filters and Processing Alternatives for one-chip cameras”, IEEE Transactions on Electron Devices. Vol.ED-32, NO.8.
- RÉNYI, A. (1960): On measures of information and entropy, Proceedings of the 4th Berkeley Symposium on Mathematics, Statistics and Probability, pp. 547–561.
- SAKAMOTO, T. ET AL. (1998): „Software pixel interpolation for digital still cameras suitable for a 32-bit MCU”, IEEE Transactions on Consumer Electronics. Vol.44, No.4, pp. 1342–1352.
- SHANNON, C. E. (1948): A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, 27:379–423.
- SHANNON, C. E. (1948): A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, 28:623–656.
- SHANNON, C. E. (1951): Prediction and entropy of printed English, The Bell System Technical Journal, 30:50–64.
- WELDY, J. A. (1988): „Optimized design for a single-sensor color electronic camera system”, Proceedings of SPIE Vol.1071, pp. 300–307.
- WU XIAOLIN, ET. AL. (1998): „Color Restoration from Digital Camera Data by Pattern Matching”, Proceedings of SPIE Vol. 3018, pp. 12–17.
- LibRAW fejlesztői oldala: <http://www.libraw.org>
- LibTiff fejlesztői oldala: <http://www.remotesensing.org/libtiff>
- Visual Studio hivatalos oldala: <https://www.visualstudio.com>
- Qt platform hivatalos oldala: <http://www.qt.io>
- Teszteléshez használt képek: <http://interpolacio.attilaenyedi.com/>



# A Sajó mederfejlődési dinamikájának vizsgálata térinformatika-alapú morfometriai elemzések alapján

Bertalan László<sup>1</sup> – Kovács Zoltán<sup>2</sup> – Szabó Gergely<sup>3</sup>

<sup>1</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
bertalan@science.unideb.hu

<sup>2</sup> Data Analyst, DataExpert kovacszozi88.geo@gmail.com

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.gergely@science.unideb.hu

**Abstract:** The aim of our study was to analyze the changes in channel planform geometry of River Sajó between 1952 and 2011. Long term morphological changes were evaluated on the basis of maps and aerial photographs. In every investigated periods the bank edges were vectorized in ArcMap 10. Our results showed that the channel width had a decreasing trend; while the bend length increased as well as the sinuosity since 1980 due to meander development. However, the number of bend had increased in every sections but their evolutionary state increased with a lesser rate.

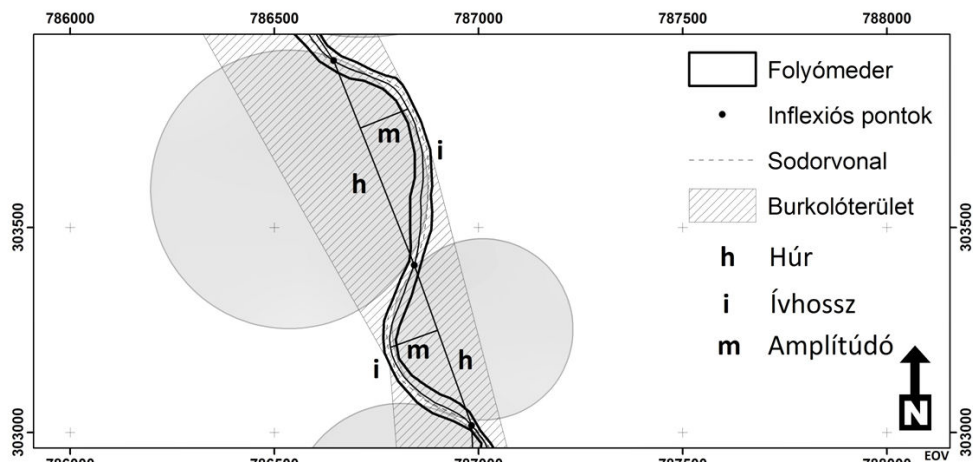
## Bevezetés

A Sajó hazánk egyik legkisebb mértékben szabályozott alluviális folyója (PINTÉR J. 1977), melynek magyarországi szakasza mentén a jelentősebb mederrendezési munkálatok hiánya, ill. hibás kialakítása következtében jelentős mértékű kanyarulatfejlődés megy végbe (BERTALAN L.–SZABÓ G. 2015). Az intenzíven vándorló kanyarulatok térképezése során számos módszer alkalmazható a recens fejlődési tendenciák feltárására (BLANKA V.–KISS T. 2008; KISS T.–BLANKA V. 2006; KALMÁR S.–KOZMA K. 2012; MIRIJOVSKY ET AL. 2015), azonban a napjainkban zajló folyamatok ismerete mellett elengedhetetlen a folyófejlődés jellegének hosszabb időszakokra történő feltárása is, ennek egyik gyakran alkalmazott eszköze a hagyományos terepi méréseken alapuló elemzések (SZABÓ J. ET AL. 2012) mellett a medermorfometriai jellegű vizsgálatok alkalmazása (FIALA K.–KISS T.; KISS T. ET AL. 2008; MECSER N. ET AL. 2009; MICHALKOVÁ ET AL. 2011; VASS R.–TÚRI Z. 2010).

Tanulmányunk célja a Sajó folyó mederfejlődési jellemzőinek feltárása morfometriai mutatószámok segítségével.

## Anyag és módszer

Elemzéseink térinformatikai alapadattábasza részben archív légifotók alapján készült. A légifotók rendszerezését és magassági torzulásukat korrigálandó ortorektifikációját ArcMap 10 szoftverben végeztük, majd négy időpontban (1952, 1956, 1972, 1988) vektorizáltuk a középvízi meder-éleket. Ezután MADOP ortofotók alapján további 3 időpont (2000, 2005, 2011) került rekonstruálásra, végül az 1980-ban készült 1:10.000 méretarányú EOTR szelvények alapján egy nyolcadik időpont



1. ábra A térinformatikai módszerekkel szerkesztett medermorfometriai mutatók

1. táblázat A térinformatikai módszerekkel szerkesztett medermorfometriai mutatók  
(Blanka V. 2010; Kiss T. 2014 nyomán)

<b>mederszélesség</b>	A medrek középvonalán 100 méterenként húztunk merőlegeseket, majd ezekkel metsztük el a medreket lefedő poligonokat, s a meder-poligon határával metszett merőleges vonalak hossza megadta a mederszélesség értékét az adott szakaszon.
<b>középvonal</b>	A vektorizált partélek távolságainak felénél szerkesztettük meg.
<b>kanyargósság</b>	A vizsgált folyószakasz középvonala valamint a kezdő és végpontja között mért légvonalbeli völgyhossz hányadosaként kiszámítható
<b>meanderezési övezet</b>	A kanyarulatok csúcspontjainak összekötésével létrehozott burkolóvonalak által bezárt terület.
<b>inflexiós pont</b>	A meder középvonala és sodorvonalának metszéspontjaiban határoztuk meg.
<b>ív hossz</b>	A kanyarulatok hosszát a középvonal mentén mértük meg az inflexiós pontok között.
<b>húr</b>	Az inflexiós pontok közötti távolság.
<b>amplitúdó</b>	A kanyarulatok magasságának meghatározásához minden kanyarulatban megszerkesztettük a középvonalak és a hurok legnagyobb távolságát.
<b>görbületi sugár</b>	A folyókanyarulat partvonalára illesztett kör középpontjának és sugarának meghatározásához ArcGIS 10 python scriptet készítettünk, amely ezeknek a szakaszoknak minden X és Y koordinátáját beolvasva számol egy átlag X és átlag Y koordináta értéket. Egy optimalizáló algoritmus ezt a pontot alapul véve iterációkkal tovább közelíti (legkisebb négyzetek módszerével) a kör középpontjának helyzetét és sugarának a hosszát. Ez lehetővé tette, hogy a legjobban illeszkedő adott középpontú és sugarú kört lehessen kijelölni minden egyes szakaszra.
<b>kanyarulat-fejlettség</b>	Kanyarulatonként az ívhosszak és húr hosszak hányadosait számítottuk, ami megadta a kanyarfejlettségi ( $\beta$ ) értékeket.

is része lett az adatbázisnak. A mederélek vektoros állományait felhasználva szintén ArcMap 10 szoftverben szerkesztettük meg a medermorfometriai mutatókat (*1. ábra; 1. táblázat*).

A teljes magyarországi Sajó-szakasz elemzését öt rész-szakaszra bontottuk (Bánréve-Vadna [1], Vadna-Sajóecseg [2], Sajóecseg-Felsőzsolca [3], Felsőzsolca-Ónod [4], Ónodtól a Tisza torkolatig [5]) a VITUKI Vízrajzi Atlaszának felosztása alapján, ugyanis ezek 1972-ben markánsan eltérő morfometriai jelleggel rendelkeztek (VITUKI 1972). Célul tűztük ki az egyes mérőszámok szakaszonkénti elemzését is, ezáltal az átfogó változási tendenciák mellett a szakaszok egymáshoz viszonyítható eltérései is kimutathatóvá váltak a vizsgált időszakokban.

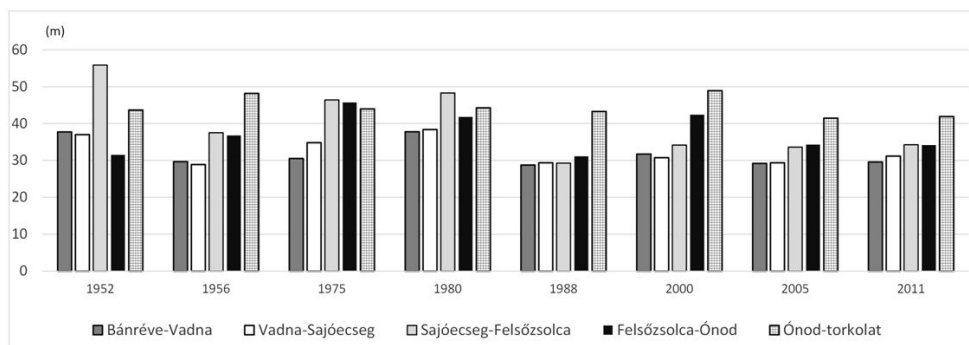
## Eredmények

A teljes magyarországi Sajó szakasz az átlagos mederszélesség tekintetében ingadozó, de fokozatosan csökkenő trendet mutat, szakaszonként vizsgálva még inkább kirajzolódik az ingadozás mértéke (*2. ábra*). A mederszélesség ingadozása arra utal, hogy a folyó az utóbbi 60 évben a dinamikus egyensúlyi állapot elérésére törekszik, ami a kanyargóssági jellemzők módosulását is maga után vonja (Kiss T.–BLANKA V. 2012).

A teljes szakaszra vonatkozó csökkenő mederszélességgel szemben szakaszonként is vizsgáltuk a különböző mértékű változásokat (*2. táblázat*). A kumulált évi átlagos szélességváltozások alapján eltérő jellegűek a szakaszok, a legdrasztikusabb csökkenés (21,6 m) a Sajóecseg-Felsőzsolca közötti szakaszon mutatkozott, az Ónod és a Tisza torkolat közötti szakaszon jelentkezett a legkisebb csökkenés (1,76 m), míg a Felsőzsolca-Ónod szakaszon pozitív irányban változott (2,67 m) 1952 és 2011 között ez a mutatószám. A mederszélesség növekedése a vízhozamok és áradások növekedésével állítható párhuzamba (Kiss T. - BLANKA V. 2012), a köztük lévő kapcsolatok elemzése a Sajó esetén a kutatás következő fázisában történik a továbbiakban. Kiemelendő az 1980-1988-as, ill. a 2000-2005-ös időszak, ahol mindegyik szakaszon közel azonos mértékű csökkenés (~0,5-1,5 m) következett be, míg 1988-2000 között minden szakaszon csekély növekedés mutatkozott.

A folyó középvonalának hosszváltozása alapján (*3. ábra*) megállapítottuk, hogy az 1970-es évekre vélhetően a Sajó-menti ipari területek védelme érdekében elvégzett kanyarulat-átmetszések következtében jelentősen rövidült (közel 7,5 km-rel) a magyarországi Sajó-szakasz, az 1990-es évektől kezdődően azonban egy újabb növekedési tendencia mutatható ki, ami az intenzíven fejlődő ill. meanderező kanyarulatokhoz kapcsolódik.

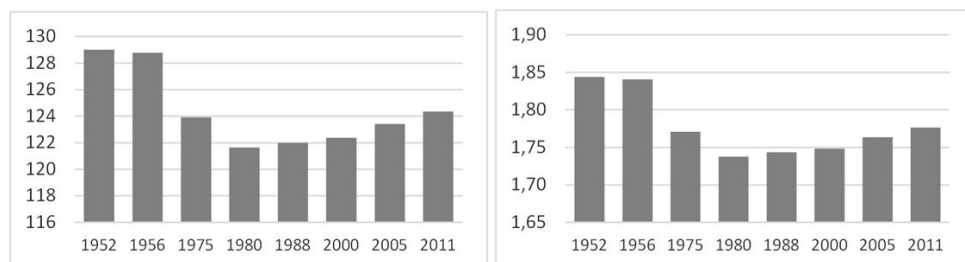
A kanyargóssági értékek tendenciája a változatlan völgyhossz következtében illeszkedik a középvonal hosszváltozásához (*3. ábra*). A teljes szakasz az ingadozás ellenére is minden időszakban az 1,5-ös meanderezési határérték fölé esik, s ez a tendencia az 1980-tól kezdődő időszak óta tovább fokozódik. Megvizsgáltuk a lehatárolt szakaszok kanyargósságát is (*4. ábra*), melyek alapján elmondható, hogy



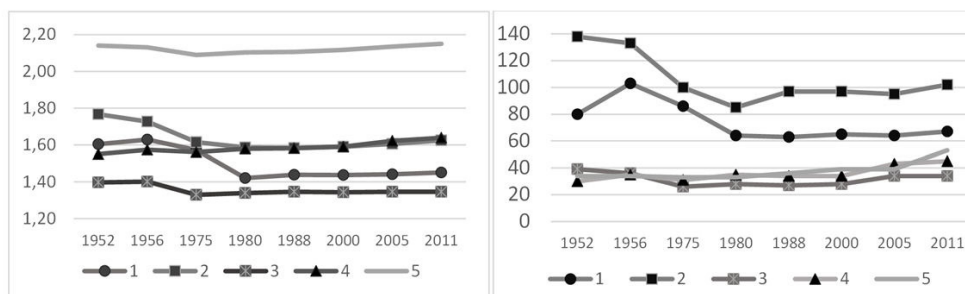
2. ábra Az átlagos mederszélesség változásai a vizsgált szakaszokon

2. táblázat A mederszélesség változásának mértéke és sebessége az egyes szakaszokon

	1		2		3		4		5	
	dif (m)	m/év	dif (m)	m/év	dif (m)	m/év	dif (m)	m/év	dif (m)	m/év
1952-1956	-8,08	-2,02	-8,11	-2,03	-18,34	-4,59	5,31	1,33	4,53	1,13
1956-1975	0,89	0,05	5,91	0,31	8,91	0,47	8,94	0,47	-4,22	-0,22
1975-1980	7,27	1,45	3,55	0,71	1,88	0,38	-3,93	-0,79	0,32	0,06
1980-1988	-9,03	-1,13	-8,99	-1,12	-19,06	-2,38	-10,69	-1,34	-1,00	-0,13
1988-2000	2,95	0,25	1,36	0,11	4,91	0,41	11,30	0,94	5,66	0,47
2000-2005	-2,56	-0,51	-1,39	-0,28	-0,55	-0,11	-8,12	-1,62	-7,44	-1,49
2005-2011	0,39	0,06	1,83	0,31	0,65	0,11	-0,13	-0,02	0,39	0,07
összesen	-8,17		-5,84		-21,60		2,67		-1,76	



3. ábra A középvonalak hosszváltozásai (km) ill. kanyargóssági értékek változásai



4. ábra A vizsgált szakaszok kanyargóssági értékeinek és kanyarulatszámainak változása

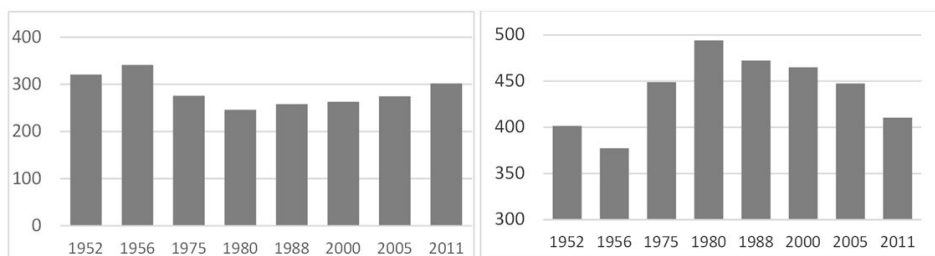
egymástól eltérő jelleggel rendelkeznek. Az 1952-1980 közötti csökkendő trend ellenére a folyó alsó két szakasza [4-5] (Felsőzsolcától a Tisza torkolatig) közel folyamatosan növekvő kanyargóssági értékkel rendelkeznek, vélhetően ezeken a szakaszokon jelentkezik nagyobb mértékű meander-fejlődés is. A folyó középső szakaszát [3] stabil kanyargósság jellemzi, míg a felső két szakasz [1-2] esetén a kezdeti csökkenést követően stabilizáció, ill. csekély növekedés volt mérhető. Kiemelendő, hogy a folyó legalsó szakasza a többi szakaszhoz képest jelentősen nagyobb kanyargóssággal rendelkezik. A kanyarulatok számát szakaszonként vizsgálva (4. ábra) megállapítottuk, hogy a folyó első szakaszán közel 3,5-szer, míg a második szakaszán 1,5-2-szer annyi kanyarulat található, mint az alsóbb három szakaszon.

A kanyarulatok teljes Sajó szakaszra vonatkoztatott darabszámának alakulása arányaiban nem, de irányában illeszkedik a középvonal hosszváltozásához (5. ábra), vagyis 1980-ig csökkent, majd onnan fokozatosan nőtt a kanyarulatok száma. Megállapítható, hogy a Sajó hazai szakaszán egyre több kanyarulat alakul ki, valamint a kanyarulatok is tovább fejlődnek.

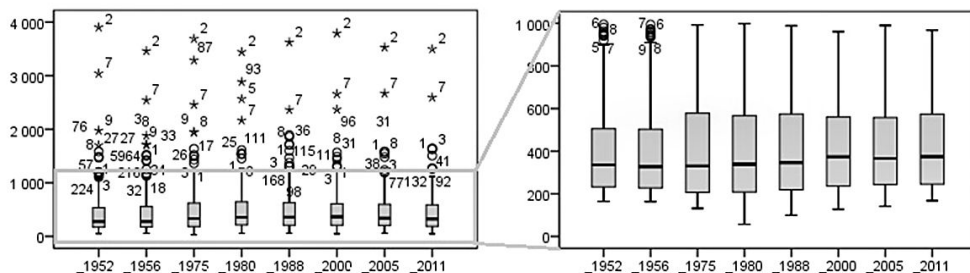
A meanderezési övezet változásának mértéke minimális ( $\pm 1-3 \text{ km}^2$ ), de összességében csökkenő trendet mutat, tehát a hazai Sajó szakasz egyre inkább kanyarog, viszont a kanyarulatok fejlődése egyre szűkebb sávban megy végbe.

A kanyarulatok átlagos hosszának (ívhossz) változása (5. ábra) ellentétes tendenciát mutat a kanyarulatok számának alakulásával, vagyis miközben új kanyarulatok jöttek létre, az átlaghossz mégis csökken 1980 óta. Ez azzal magyarázható, hogy egymást következő időszakokban az inflexiós pontok alapján lehatárolható újonnan létrejövő kanyarulatok még csekély hosszúsággal és fejlettséggel rendelkeznek. A kanyarulatok ívhossz-értékeinek eloszlását vizsgálva (6. ábra) elmondható, hogy az interkvartilis terjedelmek minden évben a 200-600 méteres tartományba estek, s ha a vizsgálatban nem vesszük figyelembe az adatsorok kiugró értékeit, akkor az eloszlás trendje csekély növekedést mutat.

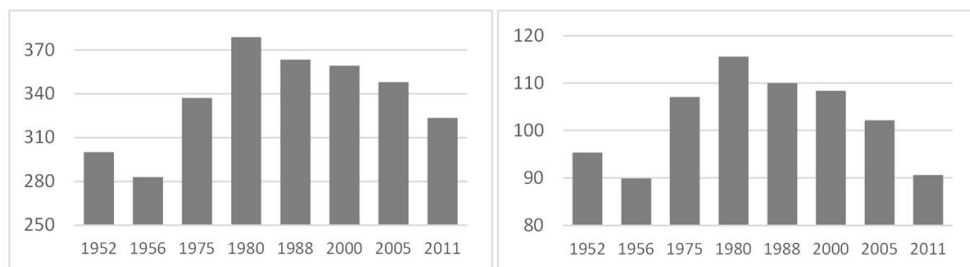
Az átlagos húr hossz-értékek (7. ábra) trendje illeszkedik az átlagos ívhosszak üteméhez. A kanyarulatok húr hosszának vizsgálata esetén az adatsorok kiugró értékei nélkül vizsgálva az eloszlás trendje hasonló a középvonalak hosszváltozásánál tapasztalthoz. Az amplitúdó átlagos értékeit vizsgálva (7. ábra) a Sajó esetén megállapítottuk, hogy míg 1980-ig csökkent a kanyarulatok száma,



5. ábra A kanyarulatok számának (db) és a kanyarulatok átlagos ívhosszának (m) változása



6. ábra A kanyarulatok ívhosszainak (m) eloszlása a vizsgált időszakokban



7. ábra A kanyarulatok átlagos húr hosszainak (m) és átlagos amplitúdóinak (m) változása

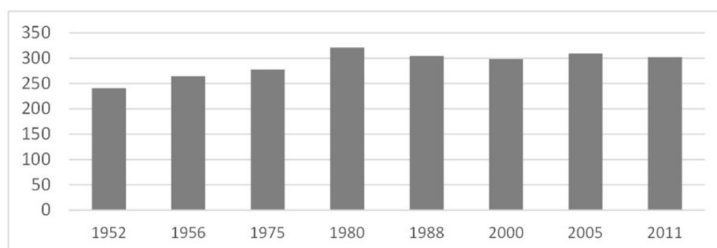
ívhossza, húr hossza s a magasságuk is növekedett, majd 1980-at követően egyre több új kanyarulat fejlődött ki, azonban ez maga után vonta az imént felsorolt mutatók átlagos értékeinek lecsökkenését.

A görbületi sugarak értékei főként az átlagos mederszélességgel képzett hányadosok alapján jellemzik megfelelően rövidebb folyószakaszok dinamikáját, azonban jelen tanulmány a teljes hazai szakaszra koncentrál. Az átlagos értékeket tekintve fokozatos növekedést mutattunk ki a vizsgált időszakban.

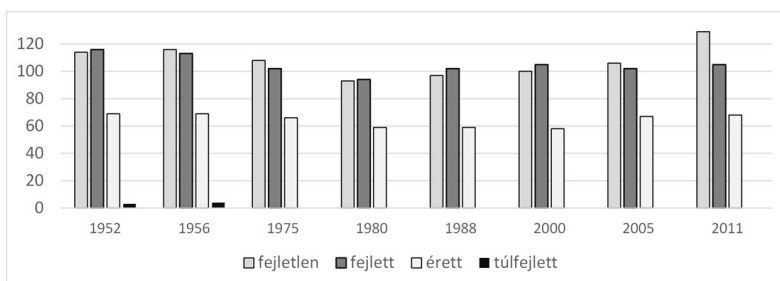
A kanyarulatfejlettség esetén a Laczay-féle osztályozás alapján a béta értékek beosztása szerint megkülönböztettünk egyszerű ( $0 < \beta < 1,1$ ), fejlett ( $1,1 < \beta < 1,4$ ), érett ( $1,4 < \beta < 3,5$ ) és túlfejlett ( $\beta > 3,5$ ) kanyarulatokat (LACZAY I.A. 1977). Az egyes fejlettségtípusok összesítése alapján megállapítható (9. ábra), hogy 1980 óta fokozatosan növekszik az új kanyarulatok száma, az új kanyarulatok viszont a fejlődés első stádiumaiban vannak, ezért a fejletlen kanyarulatok száma is gyarapszik. Emellett a fejlett kanyarulatok száma mérsékelt ütemben, de gyarapszik, a vizsgált időszak kezdete óta meglévő érett kanyarulatok száma ingadozik, míg a kezdeti néhány túlfejlett kanyarulat részben mesterséges, részben természetes folyamatok során lefűződött.

## Összegzés

Archív légifotók és ortofotók alapján térinformatikai módszerek alkalmazásával számított medermorfometriai mutatók segítségével elemeztük a Sajó magyarországi szakaszának mederfejlődési dinamikáját.



8. ábra A kanyarulatok átlagos görbületi sugarainak (m) változása



9. ábra Az eltérő fejlettségű kanyarulatok számának változásai a vizsgált időszakokban

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált közel 60 év alatt számottevő változások mentek végbe az egyes morfometriai mutatószámok tekintetében, azonban a vizsgált szakaszok között több esetben eltéréseket mértünk. A hazai Sajó szakasz hossza, azzal együtt pedig a kanyarulatok fejlettsége fokozatosan növekszik, miközben a meanderezés egyre keskenyebb sávra korlátozódik. Egyre több új kanyarulat alakul ki, ezek azonban a fejlettség kezdeti stádiumában vannak, míg az érett kanyarulatok száma fokozatosan növekszik.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatta a Debreceni Egyetem (RH/751/2015) és a Nemzeti Tehetség Program (NTP-EFÖ-15). This work was supported by the University of Debrecen (RH/751/2015).

## Felhasznált irodalom

- BERTALAN L.–SZABÓ G. (2015): Mederfejlődési vizsgálatok a Sajó hazai szakaszán. In: Boda J. (szerk) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VI. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. pp. 61–68.
- BLANKA V.–KISS T. (2008): A kanyarulatfejlődés jellegének és mértékének vizsgálata a Hernád Alsódobsza feletti szakaszán, 1937 és 2002 között. In: Szabó J.–Demeter G. (szerk.) Tanulmányok a Kádár László születésének 100. évfordulóján rendezett tudományos konferenciára. DEENK Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen. pp. 147–154.



- BLANKA V. (2010): Kanyarulatfejlődés dinamikájának vizsgálata természeti és antropogén hatások tükrében. PhD értekezés, Szegedi Tudományegyetem, 141 p.
- FIALA K.–KISS T. (2005): A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó-Tiszán I. Hidrológiai Közlöny 85(3), pp. 60–65.
- KALMÁR S.–KOZMA K. (2012): A demonstration of the geomorphological value of radio-controlled aerial vehicle imaging techniques in the study of the Hernád River. Zeitschrift für Geomorphologie 56. (Suppl.2) pp. 121–132.
- KISS T.–BLANKA V. (2006): Kanyarulatfejlődés vizsgálata a Maros alsó szakaszán. Hidrológiai Közlöny 86/4. pp. 19–22.
- KISS T.–FIALA K.–SIPOS GY. (2008): Altered meander parameters due to river regulation works, Lower Tisza, Hungary. Geomorphology. 98(1–2), pp. 96–110.
- KISS T.–BLANKA V. (2012): River channel response to climate- and human-induced hydrological changes: Case study on the meandering Hernad River, Hungary. Geomorphology (175–176), pp. 115–125.
- KISS T. (2014): Geomorfológiai vizsgálati módszerek. JATEPRESS, Szeged. 230 p
- LACZAY I. A. (1977): Channel pattern changes of Hungarian rivers: the example of the Hernád River. In: Gregory, K.J. (szerk.) River Channel Changes. Wiley, Chichester, pp. 185–192.
- MECSER N.–DEMETER G.–SZABÓ G. (2009): Morphometric changes of the Bodrog River from the Late 18th c. to 2006. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment 3(1), pp. 28–40.
- MICHALKOVÁ, M.–PIÉGAY, H.–KONDOLF, G.M.–GRECO, S.E. (2011): Lateral erosion of the Sacramento River, California (1942–1999), and responses of channel and floodplain lake to human influences. Earth Surface Processes and Landforms 36(2), pp. 257–272.
- MIŘJOVSKÝ, J.–ŠULC MICHALKOVÁ, M.–PETYNIÁK, O.–MÁČKA, Z.–TRIZNA, M. (2015): Spatiotemporal evolution of a unique preserved meandering system in Central Europe–The Morava River near Litovel. Catena 127, pp. 300–311.
- PINTÉR J. (1977): A Sajó-térség vízgazdálkodási modellje. Vízügyi Közlemények 59(3), pp. 418–427.
- SZABÓ J.–VASS R.–TÓTH CS. (2012): Examination of fluvial development on study areas of Upper-Tisza region. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 7(4), pp. 241–253
- VASS R.–TÚRI Z. (2010): Morfometriai vizsgálatok a Felső-Tisza Vásárosnamény és a Túr torkolata közötti szakaszán. In: Lóki J.: (szerk) Interdiszciplinaritás a természet és társadalomtudományokban. Tiszteletkötet Szabó József geográfus professzor 70. születésnapjára. Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék. Debrecen, pp. 337–343.
- VITUKI (1972): „A Sajó” 1.: Hidrográfia, geomorfológia (Vízrajzi Atlasz 13.) Budapest, pp. 1–46.



# A budapesti közösségi szállásadás vizsgálata térinformatikai módszerekkel

Boros Lajos<sup>1</sup> – Pál Viktor<sup>2</sup> – Dudás Gábor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> egyetemi adjunktus, Szegedi Tudományegyetem, Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, borosl@geo.u-szeged.hu

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, Szegedi Tudományegyetem, Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, pal.viktor@geo.u-szeged.hu

<sup>3</sup> tudományos munkatárs, MTA KRTK RKI ATO, Békéscsaba, dudasg@rkk.hu

**Abstract:** In this paper we study room rates offered by Airbnb – a sharing economy pioneer offering short term accommodation – and hotels and compare the results using thematic maps. We seek to understand how the proliferation of Airbnb is shaping hotel room rates in district 5 and 8 in Budapest. The aim of the research is to visualize the spatiality and density of Airbnb in the two districts for a specified time period and compare hotel room rates with Airbnb rates considering the different business models. Our study was based on quantitative research methods. We performed an internet data query using automated data mining methods and applied GIS based mapping method to visualize the spatiality of the sharing economy in Budapest to reveal differences in room rates at the selected study areas.

## Bevezetés

Napjainkban egyre nagyobb teret hódít az úgynevezett „sharing economy”, azaz a közösségi gazdaság, ami az internet kínálta lehetőségek révén megváltoztatja a fogyasztói szokásokat, és rövid idő alatt óriási bevételű cégek létrejöttét is eredményezte – nem egy esetben komoly konfliktusokat, vitákat okozva a hagyományos és új piaci szereplők között. A sharing economy működése kiterjed a személyszállítás, a szállásadás, a hirdetések, a hitelezés és finanszírozás, a használati eszközök kölcsönzése vagy éppen a munkaerőpiac területére is.

A közösségi gazdaság megjelenése, az ezáltal növekedő verseny Magyarországon is komoly vitákat váltott ki, például az Uber és a taxivállalatok között, de a közösségi szállásadáshoz kapcsolódó konfliktusok is gyakran kerülnek a média, a szélesebb közvélemény érdeklődési körébe. A közösségi szállásadás legismertebb, legnagyobb képviselője az Airbnb, amely teljes lakások, vagy szobák kiadását jelenti, alapvetően rövid távra, turisztikai céllal. Az Airbnb hazánkban is gyorsan terjed, nem csupán versenytársat teremtve a hagyományos szállásadó szektornak, hanem átalakítva az ingatlanpiacot is. Így a turisztikai vagy közlekedési szempontból értékes helyeken megváltozik a hasznosítás módja: albérletek és saját lakáscélú hasznosítás helyett egyre terjed a rövid távú lakáskiadás is. Budapesten ma már több mint 5000 lakást vagy szobát kínálnak e közösségi szállásadó rendszeren belül – ami mutatja a folyamatok átfogó és kiterjedt jellegét.

Tanulmányunk célja, hogy bemutassuk, hogyan lehetséges online adatgyűjtéssel

vizsgálni a budapesti közösségi szállásadás térbeliségét; hol koncentrálódnak a mintaterületként választott 5. és 8. kerületben az Airbnb-n kínált lakások? Milyen hatása van az egyes területek elérhetőségének a kiadó lakások térbeliségére? Hogyan viszonyulnak egymáshoz az Airbnb és a szállodák szállásai?

### *A közösségi gazdaság és a közösségi szállásadás*

A sharing economy, és ezen belül a közösségi szállásadás kialakulását és elterjedését elsősorban az internetes és mobiltechnológiák fejlődése, az ehhez kapcsolódóan egyre olcsóbb és gyorsabb kommunikáció segítette. Ez lehetővé tette, hogy a kihasználatlan erőforrásokat, piaci lehetőségeket az emberek közvetlenül megosszák egymással, kiiktatva a hagyományos közvetítő platformokat, intézményeket, lerövidítve a tranzakciók időtartamát (PWC, 2016; ZERVAS, H. ET AL. 2016).

A sharing economy működésében kulcsszerepe van a bizalomnak: a fogyasztók nem ismert és megbízható márkanevek alapján döntenek, hanem általában más felhasználók visszajelzéseire, értékeléseire támaszkodhatnak (IKKALA, T.–LAMPINEN, A. 2014). Ez egyes kutatások szerint lehetőséget teremt a diszkriminációra is azáltal, hogy a szálláskereséskor megjeleníti a szállásadó fotóját (EDELMAN, B.–LUCA, M. 2014). Ugyanakkor fontos megjegyeznünk, hogy a közösségi szállásadás, illetve általában a sharing economy számos problémát is felvet az adófizetés elkerülésével, a minőségbiztosítással, vagy fogyasztóvédelemmel kapcsolatban (PWC 216).

A közösségi gazdaság népszerűvé válása gyors növekedést tett lehetővé a területen megjelent vállalatoknak, akik így egyre nagyobb szeletet hasítanak ki a piacokon. A 2008-ban alapított Airbnb mára több mint 30 millió vendéget szolgál ki és az értéke ismert hotelláncokét is meghaladja. A gyors változások miatt eddig viszonylag kevés tanulmány foglalkozott a közösségi gazdaság működésével, hatásaival vagy terjedésével – különösen igaz ez a közösségi szállásadás területére. Születtek vizsgálatok az autómegosztás (pl. Lyft, Uber) hatásaival kapcsolatban, bemutatva azt, hogy közösségi szinten hogyan járulnak hozzá a károsanyag kibocsátás és az üzemanyag-felhasználás csökkenéséhez (CERVERO ET AL. 2007; MARTIN ET AL. 2010). A Craigslist elnevezésű online hirdetési oldal kapcsán azt elemezték, hogyan hat a hagyományos hirdetési platformokra. az eredmények szerint a hirdetési bevételekre jobban támaszkodó lapok hajlamosak voltak csökkenteni a hirdetések árát a növekvő verseny következtében, és a kieső bevételeket az előfizetési díjak emelésével ellensúlyozták (SEAMANS, R.–ZHU, F. 2013). Az Airbnb esetében szintén hasonló módon reagáltak a hotelláncok a megnövekedett versenyre: az árak csökkentése révén így azok is élvezték az Airbnb hatásait, akik nem közösségi szállást vettek igénybe. Ugyanakkor a leginkább érintett hotelek 8-10%-os visszaesést is elszenvedhettek az élesedő árverseny miatt (ZERVAS, H. ET AL. 2016). Emellett egy az Airbnb által publikált kutatás szerint a közösségi szállásadásból származó jövedelem a középosztály számára olyan kiegészítő jövedelmet nyújt, ami egyrészt stabilitást nyújt gazdasági átalakulás, válság idején, másrészt pótolja a bérek elmúlt

évtizedekbeli értékvesztését (SPERLING, G. 2014).

Az Airbnb lehetőséget teremt teljes lakások, de akár egyetlen szoba meghirdetésére is, azaz jóval rugalmasabb és szélesebb kínálatot nyújt, mint a hotelláncok. Az oldal a kiadó ingatlan jellemzői mellett a bérbeadó profilját is megmutatja a szálláskereséskor, beleértve a korábbi értékeléseket is. Ahogy azt fentebb említettük, az Airbnb kínálata és mérete összevethető a nagy szállodaláncokkal is. Az oldal a legtöbb szálláskereső platformhoz hasonló módon működik: meg kell adnunk a utazás időpontját, a foglalni kívánt szállástípust (teljes lakás vagy csupán egy szoba, vagy mással megosztott szoba, városon belüli elhelyezkedést, illetve a szállás egyéb tulajdonságait). A foglalás maga az Airbnb rendszerén keresztül történik, a vendég és a szállásadó nem kapják meg egymás elérhetőségeit – ez a garanciája annak, hogy nem kerülük meg a céget, és ezzel az illeték kifizetését.

### **Alkalmazott módszerek**

A kutatás során a megfelelő adatbázisok hiányában vizsgálatunkat a nemzetközi szakirodalomban is elfogadott internetes adatgyűjtésre (BIŁOTKACH, V. 2010; DUDÁS G. ET AL. 2015; LAW, R. ET AL. 2010, 2011; LIJESSEN, M.G. ET AL. 2002; ZOOK, M.–BRUNN, S. 2005, 2006) alapoztuk.

A vizsgálati terepeinknek Budapest turisták által kedvelt V. kerületét, valamint az újonnan dzsentrifikálódás jeleit mutató (CZIRFUSZ, M. ET AL. 2015; KOVÁCS, Z. ET AL. 2013) VIII. kerületet választottuk. Ebben a két kerületben kérdeztük le a hotelszoba árakat és az Airbnb szállásárakat. Az Airbnb-n található szállásárakat a [www.airbnb.com](http://www.airbnb.com) internetes oldalról gyűjtöttük össze, míg a hotelek által kínált szobaárak forrásául egy metakereső oldalt ([www.skyscanner.com](http://www.skyscanner.com)) használtunk. Fontosnak tartjuk azonban megemlíteni, hogy nem a Skyscanner az egyetlen internetes disztribúciós felület. Ilyenek még például az online utazási irodák (pl. Expedia, Orbitz, stb.) vagy a további metakereső oldalak (Trivago, Tripadvisor, stb.) is. Az összehasonlító lekérdezések alkalmával azonban a [skyscanner.com](http://www.skyscanner.com) felülete bizonyult a leginkább felhasználóbarátnak, és a webfelület információtartalma is a legmegfelelőbb volt számunkra a vizsgált rendszerek közül.

Az adatfelvételt előre meghatározott időpontokban (2015. szeptember 7-től november 2.-ig) egy hétnapos időszakra vonatkozóan (2015. november 2.-i hét) végeztük el. Az adatok egy részét egy internetes keresőmotor segítségével automatizált módon kérdeztük le, és a keresőmotor elkészítéséhez az Imacros szoftvert használtuk. Ez a program az általunk megadott paraméterek alapján (utazók száma, érkezési- és indulási időpont, a szállás helye, stb.) automatikusan lekérdezte az adatokat a honlapról ([www.skyscanner.com](http://www.skyscanner.com)), és azokat egy adatbázisba mentette. Az adatok másik részét manuálisan kérdeztük le az Airbnb felületéről.

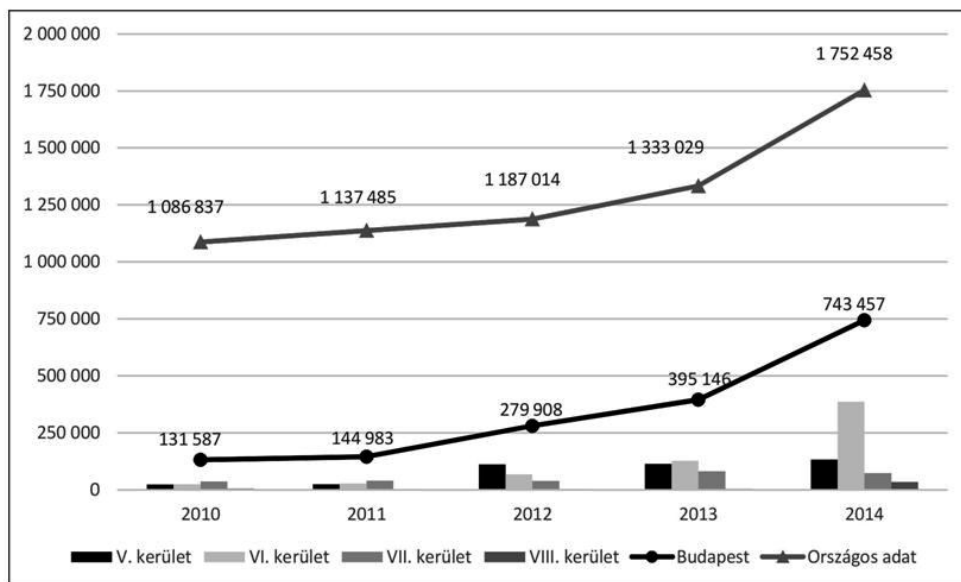
Az automatizált adatfelvétel lehetővé tette, hogy a hotelek esetében napi szinten rögzítsük a szobaárakat, azonban a vizsgálatban csak a három vagy annál több csillaggal rendelkező hoteleket vettük figyelembe. Az Airbnb esetében

azonban heti szinten (8 db) végeztük az adatfelvételt a hétfői napokon. A vizsgált időpontokban minden alkalommal egy fő egy éjszakai szállásköltségét kérdeztük le (pl. bejelentkezés november 2.-án, a kijelentkezés november 3.-án). Az adatok lekérdezése és adatbázisba rendezése után a térképi megjelenítést a Regiograph és ArcGIS szoftverek segítségével végeztük el.

### *A közösségi szállásadás alakulása Budapesten*

A közösségi szállásadás az utóbbi időben egyre jelentősebb piaci részt szerez a hagyományos szállásadással szemben nemcsak külföldön, de napjainkban Magyarországon is. Az Airbnb adatai alapján 2015-ben 70 százalékkal nőtt a kínált szálláshelyek száma, így kb. 6700 listázott szálláshely található Magyarországon – ebből kb. 5200 Budapesten –, és a foglalások számában is 146 százalékos növekedés volt kimutatható.

A KSH statisztikái az Airbnb-n keresztül történő szállásadást az üzleti célú egyéb szálláshelyek kategóriába sorolja. Az *1. ábrán* jól látható, hogy a külföldi vendégéjszakák száma ebben a szálláshelytípusban először a 2013-as évben mutatott jelentősebb emelkedést országos szinten. 2014-ben már ugrásszerű növekedés volt tapasztalható, és több mint 30 százalékkal (419 429) nőtt a külföldi vendégéjszakák száma, így összesen 1 752 458 vendégéjszakát töltek az emberek ilyen szállásokon. Ennek a növekedésnek több mint 80 százaléka Budapestre koncentrálódik, hiszen a fővárosban töltött vendégéjszakák száma több mint 348 ezerrel volt magasabb, mint 2013-ban.

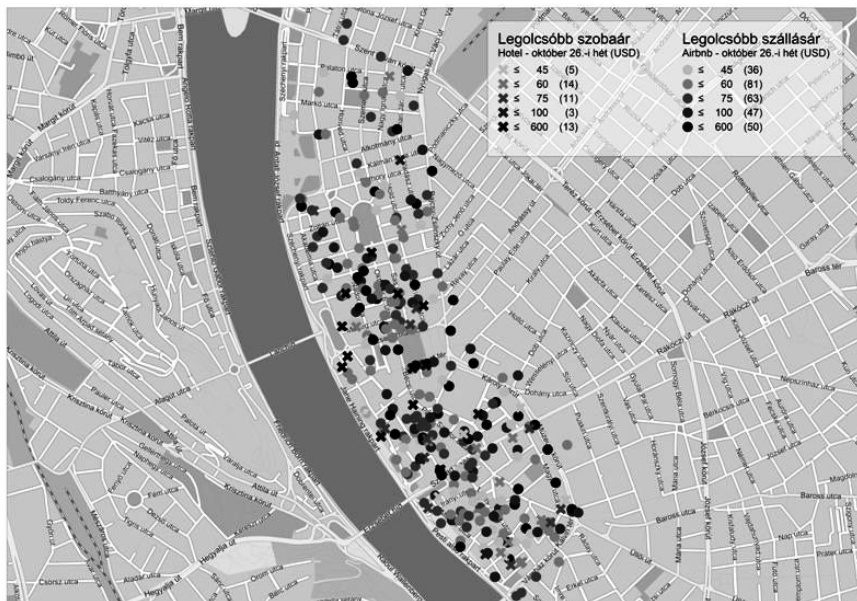


*1. ábra A külföldi vendégéjszakák száma az üzleti egyéb célú szálláshelyeken (2010-2014)*  
*Forrás: KSH*

Az AIRDNA adatai alapján kb. 5200 listázott aktív szálláshely van a magyar fővárosban. Az Airbnb szállások döntő része teljes lakás (86%), amit az üzemeltetők átlagosan 46 USD-ért adnak ki, míg a privát szobák (12%; 28 USD) és a közös szobák (2%; 16 USD) részaránya és átlagos ára is sokkal alacsonyabb (AIRDNA, 2016). Kutatásunk során a vizsgált területeken a vizsgálatunk időpontjában az V. kerületben 338 Airbnb szállás és 46 hotel, míg a VIII. kerületben 136 Airbnb szálláshely és 27 hotel szerepelt a kínálatban.

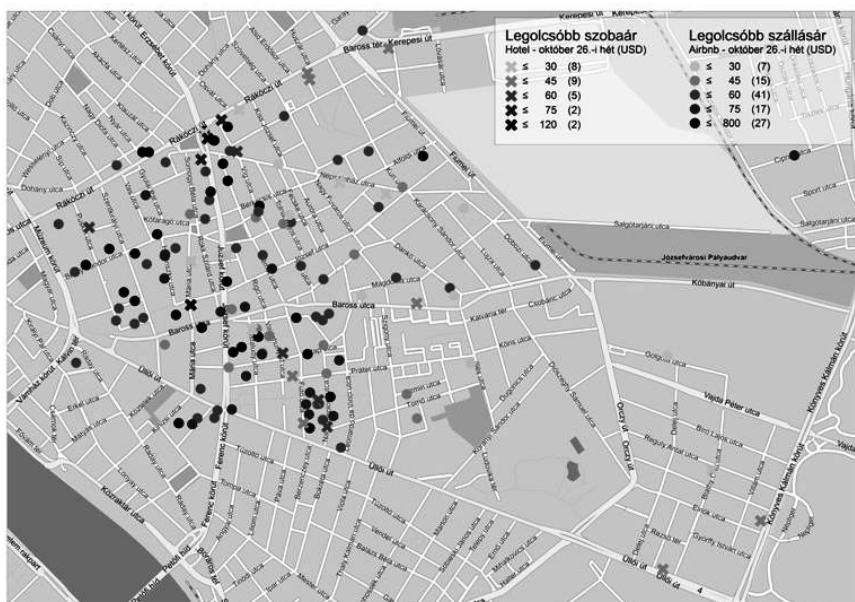
Az V. kerületi szállások térbeli eloszlása alapján megállapíthatjuk (2. ábra), hogy a szállások a kerület középső és déli részén mutatnak nagyobb sűrűséget. Az 2. ábra alapján az is jól körvonalazódik, hogy a drágább 5 csillagos hotelek elsősorban a kerület középső részén és a Duna parton helyezkednek el. Hasonló eloszlást mutatnak az Airbnb szállások is, és a drágább szálláshelyek is inkább a kerület közepén, míg olcsóbb, 60 dollár alatti szállásokat a kerület déli részén találhatunk. Adataink alapján kerületben a 3 csillagos hotelekben átlagosan 63 USD, a 4 csillagos hotelekben 88 USD, míg az 5 csillagos hotelekben 255 USD egy szoba ára egy éjszakára. Ezzel szemben az Airbnb-n átlagosan 83 USD-ba kerül egy éjszaka.

Az VIII. kerületi szállások térbeli eloszlása (3. ábra) eltérő képet mutat az V. kerülettől. Itt elsősorban egy nyugat-kelet irányú megoszlás figyelhető meg, és a nagyobb szállássűrűség a kerület nyugati felén – elsősorban a József körúton belül – rajzolódik ki. Az V. kerülettel ellentétben itt a hotelárak és az Airbnb árak között jelentős különbség fedezhető fel. Jól látható, hogy az Airbnb-n kínált szállások döntő többsége 45 dollárnál drágább, és a kerületben az Airbnb-n kínált szállások átlagára 79 USD adataink alapján. Ezzel szemben a kerületben a 3 csillagos hotelekben átlagosan



2. ábra A hotelszoba és Airbnb árak Budapest V. kerületében





3. ábra A hotelszoba és Airbnb árak Budapest VIII. kerületében

37 USD, míg a 4 csillagos hotelekben 68 USD egy szoba ára, míg 5 csillagos hotel nem található a kerületben.

## Összefoglalás

Eddigi eredményeink alapján elmondható, hogy a közösségi szállásadás olyan tömegjelenség, amelyről igen sok adatot lehet gyűjteni, és ez alkalmassá teszi a matematikai-statisztikai és a térinformatikai elemzésekre. A weboldalakról történő adatgyűjtés más kutatásokban alkalmazott metodikáját kíséreltük meg adaptálni az egyik legdinamikusabban fejlődő közösségi gazdasági forma, az Airbnb elterjedtségének vizsgálatánál. Az adatok lényegében a szálláshelyek koordinátái, illetve azok árai pontszerűen jeleníthetők meg különféle alaptérképeken. Ez az ábrázolás megmutatja, hol sűrűsödnek a kereskedelmi és az üzleti célú (magán) szálláshelyek, illetve arra is, milyen összefüggés mutatható ki ezek árviszonyai között. Az eredmények azt is megmutatják, hogy az Airbnb-n kínált szállások a turisztikailag népszerű helyeken jelennek meg, jelentős konkurenciát támasztva ezzel a szállodaláncoknak. Ez nem csak az érintett hotelek számára jelent nagy kihívást, hanem a kerületi illetve a fővárosi önkormányzat, vagy éppen a magyar állam számára is, hiszen a közösségi szállásadásból jelentősen kevesebb adó folyik be, mint amennyit a hagyományos hotelek fizetnek.

A kutatás térinformatikai szempontból folytatható újabb indikátorok bevonásával. Ezek középpontjában az ingatlanpiac állhat, hiszen a tapasztalatok szerint az Airbnb nagymértékben átformálja mind az ingatlanok adásvételét és

árviszonyait, mind a bérleti (albérleti) piacot. E jelenségek vizsgálata azonban csak akkor lehetséges, ha sikerül valós – és dinamikus adattartalommal rendelkező – ingatlandatabázist alkalmazni, illetőleg olyat, amely a valósághoz legközelebb álló képet mutatja a bérleti, illetve albérleti árakról. Ez alapján lehet megvizsgálni, hogy van-e összefüggés az Airbnb elterjedése és az ingatlanpiaci folyamatok között.

## Felhasznált irodalom

- AIRDNA–AIRBNB DATA AND ANALYTICS (2016): [https://www.airdna.co/city/hu/budapest?report=hu\\_budapest](https://www.airdna.co/city/hu/budapest?report=hu_budapest)
- BILOTKACH, V. (2010): Reputation, search cost, and airfares. *Journal of Air Transport Management*, 16. pp. 251–257.
- CERVERO, R.–GOLUB, A.–NEE, B. (2007): City CarShare: Longer-Term Travel Demand and Car Ownership Impacts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1992(1) 70–80.
- CZIRFUSZ, M.–HORVÁTH V.–PÓSFAL ZS.–SZABÓ, L. (2015): Gentrification and rescaling urban governance in Budapest-Józsefváros, Intersections. *East European Journal of Society and Politics*, 1 (4), pp. 55–77.
- DUDÁS G.–BOROS L.–PÁL V.–PERNYÉSZ P. (2015): Mapping cost distance using air traffic data. *Journal of Maps*, DOI: 10.1080/17445647.2015.1061463
- EDELMAN, B.–LUCA, M. (2014): Digital Discrimination: The Case of Airbnb.com. Harvard Business School working Paper 14–054.
- IKKALA, T.–LAMPINEN, A. (2014): Defining the Price of Hospitality: Networked Hospitality Exchange via Airbnb. CSCW'14 Companion, Feb 15–19 2014, Baltimore, MD, USA ACM 978-1-4503-2541-7/14/02. <http://dx.doi.org/10.1145/2556420.2556506>
- KOVÁCS, Z.–WIESSNER R.–ZISCHNER, R. (2013): Urban renewal in the inner city of Budapest: Gentrification from a post-socialist perspective. *Urban Studies*, 50 (1), pp. 22–38.
- LAW, R.–DENIZCI GUILLET, B.–LEUNG R. (2010): An analysis of the lowest fares and shortest durations for air-tickets on travel agency websites. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 27. pp. 635–644.
- LAW, R.–LEUNG, R.–LEE, H.A. (2011): Temporal Changes of Airfares Toward Fixed Departure Date. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 28. pp. 615–628.
- LJESSEN, M.G.–RIETVELD, P.–NIJKAMP, P. (2002): How do carriers price connecting flights? Evidence from intercontinental flights from Europe. *Transportation Research Part E*, 38. pp. 239–252.
- MARTIN, E.–SHAHEEN, S.A.–LIDICKER, J. (2010): Impact of Carsharing on Household Vehicle Holdings. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2143(1) 150–158.
- PWC (2015): The sharing economy. Consumer Intelligence Series, The Pricewaterhouse Coopers, London
- SEAMANS, R.–ZHU, F. (2013): Responses to Entry in Multi-Sided Markets: The Impact of Craigslist on Local Newspapers. *Management Science* 60(2) 476–493.
- SPERLING, G. (2014): How Airbnb Combats Middle Class Income Stagnation. <https://airbnb>.

box.com/shared/static/jrry0if4cgjrnvw1ykrpmw8ugivrx2mx.pdf

- ZERVAS, G.–PROSERPIO, D.–BYERS, J. (2016): The Rise of the Sharing Economy: Estimating the Impact of Airbnb on the Hotel Industry (January 27, 2016). Boston U. School of Management Research Paper No. 2013–16.
- ZOOK, M.–BRUNN, S. (2005): Hierarchies, Regions and Legacies: European Cities and Global Commercial Passenger Air Travel. *Journal of Contemporary European Studies*, 12. pp. 203–220.
- ZOOK, M.–BRUNN, S. (2006): From podes to antipodes: Positionalities and global airline geographies. *Annals of the Association of American Geographers*, 96. pp. 471–490.



# Geotermikus hőszivattyús rendszerek primeroldali kiépíthetőségének térinformatikai vizsgálata városi területeken

Buday Tamás

tanársegéd, Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék, buday.tamas@science.unideb.hu

**Abstract:** Although installation of geothermal heat pumps with borehole heat exchangers is slightly limited by geological conditions, setting of the primarily loop could be limited by the settlement's characteristics such as the structure of the settlement, extent of the building site or land use. Analysis of these parameters subserves to localise the potential buildings or areas which could be fit with these systems and also to identify the number of boreholes or the position of the holes. Most of these analysis can be executed by manually but in a settlement-scale survey semi-automatised or fully-automatised methods are smarter and could be cheaper. In this paper sample areas of Debrecen were analysed manually to determine the most appropriate built-in type for borehole heat exchangers, in addition simple steps for automatisisation are also described. These steps are based on geoinformatical tools and could be executed along with solar potential calculations.

## Bevezetés

Egyre gyakrabban fogalmazódik meg a települési önkormányzatok, területfejlesztéssel foglalkozó országos, regionális és helyi szervezetek részéről annak igénye, hogy egy adott terület, település megújuló energetikai potenciálját részletesen megismerjék, és a közeljövő energetikai fejlesztési irányainak meghatározása során ezeket az adatokat felhasználhassák.

A különböző megújuló energiaforrások esetén azonban ezek a területi potenciálok eltérő módon értelmezhetők. A víz- és szélenergia-potenciál meghatározása egy átlagos hazai településen általában elintézhető azzal, hogy a településen belül az adottságok nagyméretű berendezések telepítésére nem alkalmasak, a biomassza potenciáljának meghatározásában lesznek olyan alapanyagok, melyek nem a településen belül kerülnek megtermelésre (pl. tűzifa). A napenergia esetén azonban értelmezhető a település területére beérkező energia teljes mennyisége, azaz az elméleti potenciál. A ténylegesen hasznosítható potenciál meghatározását többféle eljárással és algoritmussal lehet megtenni, melyek közül Debrecen esetében több is tesztelésre került (SZABÓ G. ET AL. 2015; SZABÓ SZ. ET AL. 2016; HORVÁTH M. ET AL. 2016).

A geotermikus energia hasznosítása esetében a potenciál értelmezése szintén összetett (RYBACH, L. 2015). Az elméleti potenciál a felszín alatt található térrész többletenergija egy adott hasznosítási határhőmérséklethez viszonyítva, melyet általában csak egy kiválasztott mélységig határoznak meg. A technikai potenciál a jelenlegi technológiákkal elérhető hőmennyiséget jelenti, hőszivattyús rendszereknél

ez egyrészt a mélységhatárt 200–250 m-ben maximalizálja, másrészt a hőmérséklet ezeknél a rendszereknél akár 0 °C alá is csökkenhet. A különböző primeroldali kiépítések eltérő kitermelhetőségi arányszámmal rendelkeznek, így a potenciál kiszámításában többféle módszertani eljárás alkalmazható.

A potenciál tovább szűkíthető gazdaságosan létesíthető, fenntartható, fejleszthető potenciálra, melyek ebben a sorrendben egyre kisebb értékűek, a környezeti feltételek változása egyre érzékenyebben érinti értéküket. További nehézséget jelent a potenciálértékek felhasználhatóságában az is, hogy a tervezési dokumentumok nem a teljes geotermikus hőmennyiséget, hanem az adott időszak alatt kinyerhető értékét igénylik (csúcsteljesítmény, napi és éves hőkivétel).

A fentiek figyelembevételével a hasznosítható geotermikus hőszivattyús potenciál meghatározásánál a helyes kérdésfeltevés nem az, hogy mekkora a potenciál értéke a város területén, hanem az, hogy a rendszerek kiépítésének milyen lehetőségei és gátjai vannak egy már meglévő településszerkezetben. Jelen tanulmány az e kérdés megválaszolásához szükséges térinformatikai megfontolásokat mutatja be, Debrecen egyes beépítési típusainak példáján keresztül.

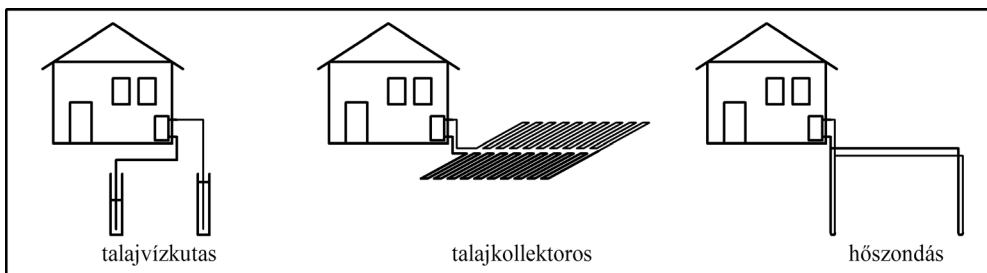
## **Anyag és módszer**

A hőszivattyúk segítségével olyan környezeti hőt is lehet hasznosítani, melynek hőmérséklete a felhasználási hely hőmérsékleténél alacsonyabb, így levegőből, felszíni és felszín alatti vizekből, illetve a felszín alatti teljes térrészből származó energiát is fel lehet használni egy épület fűtésére (OCHSNER, K. 2007). A hőszivattyú működéséhez külső energia szükséges, mely általában elektromos áram. A geotermikus hőszivattyús rendszerek alapvetően háromféle primeroldali kiépítéssel készülnek (*1. ábra*). Ha van jó vízádóképeségű felszínközeli homokos-kavicsos összetétel, akkor kút alakítható ki, és a kitermelt víz hőmennyisége felhasználható. A csökkent hőmérsékletű vizet vagy kutakon keresztül nyeletik, vagy felszínen elszikkasztják.

A horizontális (pl. talajkollektoros) rendszerekben a primeroldali csőkiigót kis mélységbe (<5 m) helyezik el, a kiépítés a munkagödrök kiásását, a csövek fektetését és a csövek visszatakarását jelenti. Alkalmazásuk során nagyméretű térrészen a területhasználat a csövek épségének megóvása érdekében jelentősen korlátozódhat, amire városi környezetben ritkán van lehetőség.

A hőszondás kiépítés esetében a primeroldali hőcserélő csövek függőlegesek, jellemző mélységük 50–100 méter, de elérhetik akár a 250 méteres mélységet is. Telepítésük fúrások segítségével történik, nagyobb hőigény vagy korlátozott mélység esetén több szonda kialakítása is szükséges lehet. A földtani adottságokra és a későbbi területhasználatra legkevésbé érzékeny kiépítés, a legtöbb földtani környezetben telepíthető, így az elemzéseket e technológiára végzem el.

A telepíthetőséget Debrecen jellegzetes lakóterület-típusainak mintaterületein



1. ábra Jellemző primeroldali kiépítési módok

elvégzett elemzéssel vizsgáltam, a szükséges kataszteri információkat Debrecen Megyei Jogú Város Szabályozási Tervének digitális változatából (ERDA Kft.) képfájlként nyertem ki, mely a kutatás első fázisához elegendő információt szolgáltat. A kiválasztott mintaterületek (2. ábra) igazodnak a jellegzetes lakóterület-típusokhoz és a kialakulásuk időpontját tekintve is viszonylag változatosak:

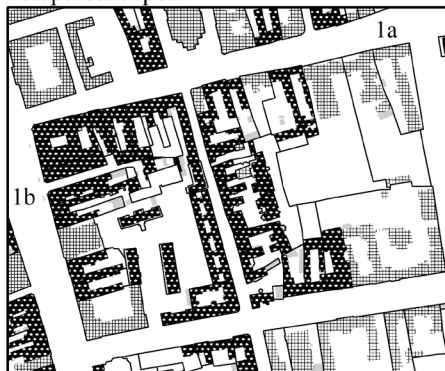
1. településközpont: Piac utca – Kossuth utca – Klaipeda utca – Szent Anna utca tömb, a: közintézmények, b: lakóépületek
2. nagyvárosias lakóterület: Mikszáth Kálmán utca északi része
3. kisvárosias lakóterület: Tarján utca környéke, a: társasházak, b: sorházak, c: szabadon álló épületek
4. kisvárosias lakóterület: Kút utca környéke
5. kertvárosias lakóterület: Falóger környéke, a: sorházak, b: szabadon álló épületek
6. kertvárosias lakóterület, szabadon álló házakkal: Sámsoni út
7. mezőgazdasági kertes zóna: Biczó István-kert

A szondák telepíthetőségét számos „városi” paraméter befolyásolja. Ezek közül a telepítéshez szükséges földterület tulajdonviszonyait és elkerítettségét, a közművek meglétét és az infrastruktúra elemeinek elhelyezkedését, a terület megközelíthetőségét és jelenlegi hasznosítását, a felhasználható telekméret abszolút és relatív méretét valamint a potenciális igényt vizsgáltam. Mindegyik paraméter esetében 3 osztályt hoztam létre: igen kedvező, kedvező, illetve kedvezőtlen feltételek. Az osztályozást igyekeztem a mintaterület egészére meghatározni, ahol ez nem volt lehetséges, ott a mintaterületet felosztottam kisebb részekre (1., 3., 5. mintaterület). Az elemzés utolsó fázisaként meghatároztam, hogy a telkek hány százaléka olyan elkerített terület, ahol a jelenlegi beépítettség mellett legalább egy hőszonda kiépítése megvalósítható, azaz a telekméret lehetővé teszi a szonda körüli 3,5 méteres pufferzóna kijelölését és a szonda helye munkagéppel megközelíthető. Emellett vizsgáltam több szonda elhelyezésének helyigényét is.

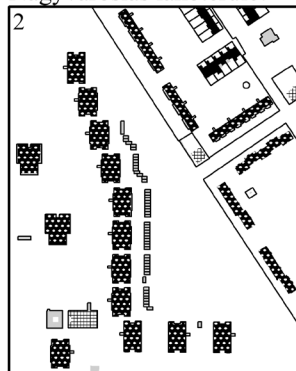
## Eredmények

A (belvárosi) közintézményi területek (1a) általában kedvező adottságokkal rendelkeznek (1. táblázat). Számos esetben megfelelő méretű, akár szondamező kialakítására is alkalmas belső udvarral rendelkeznek (pl. iskolák), ami a fejlesztések

Településközpont



Nagyvárosias lakóterület



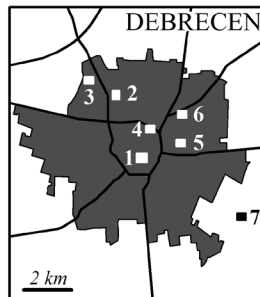
Kisvárosias lakóterületek



Kertvárosias lakóterületek



Kertes zóna



2. ábra A kiválasztott debreceni mintaterületek beépítettsége és elhelyezkedése

egyik fontos célterületeivé teszi ezeket a telkeket. A belvárosi lakóépületek (1b) telkén általában vagy kevés a felhasználható hely, vagy teljesen hiányzik (2. ábra), további hátráltató tényező a közművek sűrű infrastrukturális hálózata.

A lakótelepek (2) esetében probléma, hogy a rendelkezésre álló terület közterület, azon a közművek elhelyezkedése szintén akadályozhatja a kiépítést, illetve bekövetkezhet a rendszerek külső hatásra történő sérülése. Ráadásul távhőellátású lakótelepeken kevés esetben merül fel a távhőszolgáltatás geotermikus hőszivattyús rendszerrel való kiváltása. Összességében belvárosi lakóövezetben és lakótelepi területen tömbrekonstrukció keretében reális geotermikus hőszivattyús rendszerek telepítése.

A kisvárosias lakóterületen egyaránt megtalálhatók társasházak vagy közös telken álló sorházak területek, sorházak területek és szabadon álló családi házas területek is (2. ábra). Társasházak (3a) esetében bár a telekméret általában nagyobb, mint a családi házak esetében, de a hőigény is többszöröse, így a relatív telekméret már kicsi lehet (1. táblázat). Közös tulajdonú telkek esetében probléma lehet, ha nem mindenki igényli a hőszivattyús rendszerre való átállást, különösen, ha a relatív telekméret kicsi, és azok telekhányadát is be kell(ene) vonni a kiépítésbe, akik nem váltanak energiaforrást. Hasonló probléma a napenergia kiaknázása terén is megjelenik, elsősorban a tetők és tetőterek tulajdonviszonyai kapcsán (SANTOS, T. 2014).

Sorházak beépítésekre (3b) jellemző a kis telekszélesség, esetenként a hátsókert korlátozott megközelíthetősége, melyek akár ki is zárhatják a hőszivattyús rendszerek telepíthetőségét (1. táblázat). A saját tulajdonú telken álló külön álló épületek (3c, szabadon álló vagy oldalhatáron álló családi házak) esetében – ha a

1. táblázat A vizsgált területek értékelése a telepíthetőség egyes szempontjai alapján  
++: igen kedvező, +: kedvező, -: kedvezőtlen feltételek

Vizsgált paraméter	1a	1b	2 <sup>1</sup>	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7
tulajdonviszonyok	++	+	-	+	++	++	+	++	++	++	++
közművek	+	-	-	+	++	++	++	++	++	++	+
hozzáférhetőség	++	+	++	++	-/+	+	-/+	-/+	+	+	++
telekméret	++	-	++	+	+	+	-/+	+	++	+	++
relatív telekméret	+	-	+	-	-/+	++	-/+	-/+	++	+	++
igény	++	+	-	+	+	++	+	++	+	+	-
hőszondatelepítésre alkalmas telkek száma és aránya (%)	12 90 <sup>2</sup>	0 0	0 0	25 100	86 70	36 100	261 90	52 <sup>3</sup> 60	90 100	133 100	120 100
potenciális szondaszám telkenként	>1	0	0	>1	1	>1	1	1	>1	>1	>1
összegzés	++	-	-	+	+	++	+	+	++	++	+

<sup>1</sup> A mintaterületnek csak a nagyvárosias lakóterület beépítésű részét figyelembe véve.

<sup>2</sup> A belső udvarral rendelkező közintézmények.

<sup>3</sup> A rossz megközelíthetőség miatt.

telekméret megfelelő – általában nincs a kiépítést korlátozó tényező.

A belváros peremén található kisvárosi lakóterület (4) Debrecenben az egy, vagy kétszintes zárt soros beépítések jellemzik, a telek mérete és alakja erősen függ attól, hogy az eredeti utcahálózat képe őrződik-e a jelenlegi utcahálózatban, vagy nem (2. ábra). A hőszonda kiépítéséhez szükséges terület hozzáférhetősége, a telek (relatív) mérete és szélessége gyakorlatilag telkenként különbözik, így a területre részletes térinformatikai elemzés nélkül nem lehet pontosan meghatározni a kiépítési lehetőségeket.

A vizsgált kertvárosi lakóterületbe eső mintaterületek a kisvárosi mintaterületekhez hasonló képet mutattak, de a telekméretük jellemzően nagyobbak. Mind a sorházas beépítésre (5a), mind a szabadon álló családi házas beépítésre (5c) vonatkozó megállapítások a kertvárosi lakóterületeken is igazak (1. táblázat). Mivel Debrecen esetében a város jelentős része kertvárosias lakóövezetbe esik, így különösen fontos lehet e területek alkalmasságának részletes, automatizált felmérése.

Mind a kisvárosias, mind a kertvárosias sorházas beépítések esetén a kis telekszélesség miatt a hőszonda elhelyezése csak a telkek középső részén lehetséges, míg a szabadon álló családi házas beépítés esetén nagyobb a kitűzés szabadsága, és több szonda elhelyezésére is lehetőség nyílt.

A város szélén található kertségek esetében jelenleg csak a 6000 m<sup>2</sup>-nél nagyobb, szőlő, gyümölcsös vagy kert besorolású ingatlanokon lehet lakóházat építeni. Feltételezve, hogy vannak, illetőleg egyre nagyobb arányban lesznek ezeken a telkeken lakóházak, illetőleg a város terjeszkedése miatt ezek a területek is belterületi, kertvárosi minősítést kaphatnak a közeljövőben, érdemes megvizsgálni a kertségek viszonyait is. E területeken jelenleg leginkább a hiányos közművesítettség és az igény hiánya számít kiépítést korlátozó tényezőnek, a többi vizsgált paraméterek szempontjából igen kedvező a helyzet (1. táblázat).

## Következtetések

A hőszondák telepítésének egyik legfontosabb településszerkezeti gátja az érintett telekrész hozzáférhetősége, tényleges és relatív mérete lesz. Különösen az utóbbi két paraméter vizsgálata az alapadatok megléte esetén térinformatikai eszközökkel automatizálható. Hiányzó, vagy nem pontos kataszteri információk frissítéséhez, valamint a hőigény becslésének alapjául szolgáló építménymagasság meghatározásához kiegészítő mérések lehetnek szükségesek.

A kapott eredmények alapján a geotermikus hőszivattyús rendszerek primeroldali telepíthetőségéhez kapcsolódó térinformatikai vizsgálatoknak az alábbi lépéseket célszerű tartalmaznia:

- városi beépítési övezetek azonosítása
- zöldfelületek és beépített, fedett területek elkülönítése
- zöldfelület típusok azonosítása



- kataszteri határok megállapítása
- zöldfelület- és telekméretek megadása
- földtani-vízföldtani adottságok hozzárendelése az adatbázishoz
- területi korlátozó tényezők hozzárendelése az adatbázishoz
- a szondák potenciális helyének és a maximális szondaszámnak a meghatározása

Ezek első fázisa és néhány egyéb részfeladata a napenergia-potenciál meghatározásával azonos, így egy komplex megújuló potenciál felmérés esetén közös adatbázisokból lehet kiindulni. A napenergia-potenciál meghatározásában használt módszerek – kiemelten a LiDAR és a drónok használatához kapcsolható fotogrammetriás eljárások –, kiegészítve a hiperspektrális távérzékeléssel igazoltan alkalmasak az épületek geometriájának, anyagának meghatározására (pl. SANTOS, T. 2014; SZABÓ G. ET AL. 2015; SZABÓ SZ. ET AL. 2014, 2016), és alkalmasak lehetnek az épületek körüli térrészek növényzeti/mesterséges fedettségének automatikus, félautomatikus vizsgálatára is.

Emellett a hőszondák távolsága csökkenthető, azaz a területről kitermelhető energia növelhető megfelelő nyári hőbetáplálással, melynek a napenergia is lehet a forrása (NORDELL, B.–HELLSTRÖM, G. 2000; BUDAY T.–TÖRÖK I. 2011; BUDAY T. 2015), így a rendszerek komplex telepítése a potenciálok kedvezőbb kihasználását teszi lehetővé.

## Összegzés

A hőszondák telepíthetősége még egy kisebb, hasonló korú és stílusú épületekből álló településrészen belül is változatos, így a település egészére vonatkozó potenciálérték meghatározása csak több fokozatú térinformatikai elemzési módszerek segítségével oldható meg.

Az elemzés alapján a kisvárosias és kertvárosias lakóterületeken belül a szabadon álló családi házas beépítésű területeken van reális lehetősége geotermikus hőszivattyús rendszerek telepítésére, elsősorban hőszondás primeroldali kiépítéssel. A talajkollektoros rendszerek kiépítése mellett a rendszeres hőszonda-telepítések és a hőszondamezők kialakítása során is fontos korlátozó tényezőként jelenhet meg a telkek szélessége és teljes mérete. A település terjeszkedésével a jelenlegi külterületi, zártkertes területek jelentős része is bevonhatók lesz a hőszivattyús vagy más megújulón alapuló energiafelhasználásba, különösen azokon a telkeken, ahol a vonatkozó jogszabályoknak megfelelően a közeljövőben alacsony energiaigényű házak fognak felépülni. A kapott eredmények azonban szükségképpen nem tartalmazzák a tulajdonosok hozzáállását a rendszerek kiépítéséhez, azaz a ténylegesen kiépíthető szondák száma alacsonyabb lesz a meghatározott értékeknél.



## Felhasznált irodalom

- BUDAY T. (2015): A felső kéregbeli hőterjedés modellezése és alkalmazási lehetőségei Kelet-Magyarországon, PhD doktori értekezés, Debreceni Egyetem, 130 p.
- BUDAY T.–TÖRÖK I. (2011): Működő hőszivattyús rendszerek hatása a felszínközeli üledékek hőmérsékletére egy debreceni példa alapján, Magyar Épületgépészet 59/1-2, pp. 21–24.
- ERDA KFT. (é.n.): Debrecen Megyei Jogú Város szabályozásai terve <http://erda.hu/hu/debrecen-megyei-jogu-varos-szabalyozasi-terve>
- HORVÁTH, M.–KASSAI-SZOÓ, D.–CSOKNYAI, T. (2016): Solar energy potential of roofs on urban level based on building typology, Energy and Buildings 111, pp. 278–289.
- NORDELL, B.–HELLSTRÖM, G. (2000): High temperature solar heated seasonal storage system for low temperature heating of buildings, Solar Energy 69, pp. 511–523.
- OCHSNER, K. (2007): Geothermal Heat Pumps. A Guide for Planning and Installing, Earthscan, London, 146 p.
- RYBACH, L. (2015): Classification of geothermal resources by potential, Geothermal Energy Science 3, pp. 13–17.
- SANTOS, T.–GOMES, N.–FREIRE, S. –BRITO, M.C.–SANTOS, L.–TENEDÓRIO, J.A. (2014): Applications of solar mapping in the urban environment, Applied Geography 51, pp. 48–57.
- SZABÓ, G.–ENYEDI, P.–SZABÓ, GY.–FAZEKAS, I.–BUDAY, T.–KERÉNYI, A.–PALÁDI, M.–MECSER, N.–SZABÓ, SZ. (2015): PRELIMINARY RESULTS ON THE DETERMINATION OF SOLAR ENERGY POTENTIAL USING LiDAR technology,– International Review of Applied Sciences and Engineering 6(1), pp. 11–17.
- SZABÓ, SZ.–BURAI, P.–KOVÁCS, Z.–SZABÓ, GY.–KERÉNYI, A.–FAZEKAS, I.–PALÁDI, M.–BUDAY, T.–SZABÓ, G. (2014): Testing of algorithms for the identification of asbestos roofing based on hyperspectral data, Environmental Engineering and Management Journal, 13 (11), pp. 2875–2880.
- SZABÓ, SZ.–ENYEDI, P.–HORVÁTH, M.–KOVÁCS, Z.–BURAI, P.–CSOKNYAI, T.–SZABÓ, G. (2016): Automated registration of potential locations for solar energy production with Light Detection And Ranging (LiDAR) and small format photogrammetry, Journal of Cleaner Production 112, pp. 3820–3829.

# Légi hiperspektrális technológia alkalmazása az anyagvizsgálatban

Burai Péter<sup>1</sup> – Hunyadi Gergely<sup>2</sup> – Lénárt Csaba<sup>3</sup> - Tomor Tamás<sup>4</sup>

<sup>1</sup> főiskolai docens, Károly Róbert Főiskola Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet, pburai@gmail.com

<sup>2</sup> kutató mérnök, Envirosense Hungary Kft, ghunyadi@gmail.com

<sup>3</sup> főiskolai tanár, Károly Róbert Főiskola Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet, cslenart@karolyrobert.hu

<sup>4</sup> főiskolai docens, Károly Róbert Főiskola Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet, tomor@karolyrobert.hu

**Abstract:** Hyperspectral imagery provides information about not just only in the visible light spectra but in the near-infrared and the short-wave infrared spectra as well. Nowadays, airborne hyperspectral sensors have a high potential for monitoring of the environment. Hyperspectral imagery can be a suitable method to detect materials based on the spectral characteristic. During the last decade, hyperspectral imagery was successfully used for the analysis of vegetation, soil or minerals. This report discusses a comparison between the ground and airborne spectral datasets obtained some test sites in and around the city of Siófok in Hungary in July 2015. In our research the AISA Fenix1K hyperspectral sensor was used for data collection to detect different minerals and artificial materials.

## Bevezetés

A laboratóriumi spektrofotométeres vizsgálatok bizonyították, hogy a különböző összetételű anyagok a spektrumok alapján elkülöníthetők egymástól. A vizsgált anyagok, illetve azok bizonyos tulajdonságai (pl. víztartalom) a mért spektrumnak egy jól elkülöníthető szűk tartományában, illetve tartományaiban különíthetők el nagyobb pontossággal. Ahhoz hogy ilyen spektrumokat tudjunk felvételezni széles spektrális tartományban és nagy spektrális felbontással működő spektrográfok alkalmazására van szükség. korszerű képalkotásra alkalmas spektrográfok lehetővé tették a különböző típusú anyagok térképezését. A légi távérzékelés esetében az alacsonyabb repülési magasságnak és az érzékeny szenzoroknak köszönhetően nagy terepi és radiometriai felbontású felvételek készíthetők. A rendszer légi alkalmazásához továbbá szükséges, hogy a nagy repülési sebesség mellett a rendszer megfelelő jel-zaj arányú felvételek készítésére is alkalmas legyen.

A passzív távérzékelési módszerek közül a légi hiperspektrális szenzorokkal készített felvételek rendelkeznek olyan térbeli felbontással és spektrális információval, amellyel a korábbi módszerekkel nehezen azonosítható felszíni objektumok minőségi és mennyiségi tulajdonságai is pontosabban becsülhetők. Az anyagvizsgálatnál számos módszert alkalmaznak az információnyeréstől kezdve a képosztályozásig.

Bizonyos alkalmazásnál csak egy tulajdonság meghatározására van szükség (pl. olajszennyezésnél a szennyezés detektálása), míg más esetben a teljes területről kell tematikus térképet készíteni. Ma már több különböző csatornaszelekciós és képosztályozási módszert alkalmaznak a hiperspektrális felvételek elemzésére (LANDGREBE, 2003).

A hazai alkalmazások terén is több példát találhatunk a hiperspektrális technológia alkalmazására. A hazánkban üzemeltetett Aisa típusú légi szenzorokkal különböző területeken történt adatfelvételezés, valamint különböző képelemzési módszerekre találhatunk alkalmazásokat. A vegetációtérképezésnél pld. az invazív gyomok (BURAI ET AL. 2011), és szárazföldi gyepek térképezésére (BURAI ET AL. 2015), míg a városi környezetben különböző felszínek (TOBAK ET. AL. 2012) illetve födém típusok (SZABÓ ET AL. 2014) detektálására találhatunk alkalmazásokat.

A kutatásunk célja az volt, hogy teszteljük a 2015. évben üzembe állított Aisa FENIX 1K típusú hiperspektrális szenzort és az alkalmazott GNSS/INS rendszert különböző beállításokkal. Megvizsgáltuk a felvételek geometriai pontosságát és radiometriai tulajdonságait. A mintaterületeken különböző anyagokat helyeztünk el és a terepen mért spektrumokat alkalmaztuk az atmoszférikus korrekció és a képosztályozás fejlesztésére.

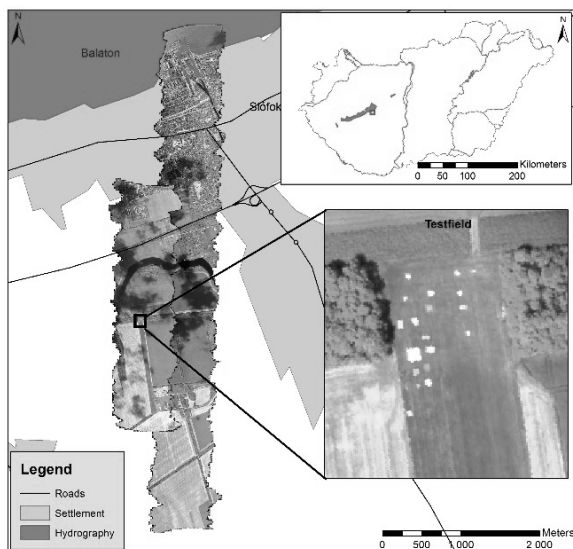
## Anyag és módszer

A repülési kampány során Aisa FENIX 1K ([www.specim.fi](http://www.specim.fi)) típusú hiperspektrális szenzorral készültek a felvételek. Ez az első üzembe állított és jelenleg működő olyan hiperspektrális szenzor, amely a látható és közeli valamint a közép infravörös hullámhossz-tartományban képes adatfelvételezésre 1000 pixel szélességben. A szenzor Cessna C206 típusú, merevszárnyú repülőgépbe van beépítve (1. ábra).

A repülésre 2015. július 10-én 12:00-13:00 óra között került sor. A felvételek



*1. ábra Az Aisa FENIX 1K szenzor valamint az adatgyűjtő és GNSS/INS rendszer repülőgépbe beépítve*



2. ábra A siófok környéki területről készült hiperspektrális mozaik és az egyik mintaterület a repülés időpontjában kihelyezett különböző anyagokkal

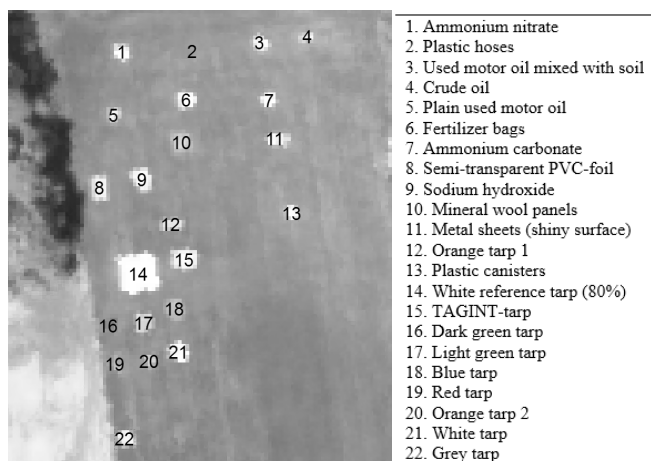
3350 ft terep feletti magasságból (AGL) készültek. Az adatfelvételezés 380-2450 nm spektrális tartományban, 7 nm-es spektrális mintavételezéssel, összesen 333 spektrális csatornán keresztül történt. A szenzorral akár 1,5 nm spektrális felbontású felvételek is készíthetők azonban ehhez nagyon alacsony repülési sebesség szükséges, vagy a repülési magasságot kell növelni ekkor azonban csökken a terepi felbontás. A szenzorrendszer része egy nagy pontosságú Oxford OxTS3010 típusú GNSS/INS rendszer, mely a felvételek georeferálásához szolgáltat pozíciós és navigációs adatokat. A geometriailag korrigált felvételek terepi felbontása 0,07 m. Az adatok előfeldolgozását IDL környezetben működő CaligeoPRO v2.2.4. szoftverrel, az adatok elemzését ENVI 5.0 szoftverkörnyezetben végeztük.

A mintaterületeket Siófok környékén jelöltük ki (2. ábra). A vizsgált anyagok igen sokfélék voltak, elsősorban a környezetvédelem, katasztrófavédelem és védelmi célú alkalmazások szerint lettek kiválogatva.

A repüléssel egy időben terepi adatfelvételezést is végeztünk. A felmérés során ASD FieldSpec3 típusú terepi spektrofotométerrel a légifelvételezéssel azonos spektrális tartományban mértük meg a kihelyezett anyagok reflektanciáját. A mérések pontos koordinátáit DGPS készülékkel rögzítettük a légifelvételekkel való összekapcsolhatóság biztosításáért (3. ábra). A kihelyezett anyagok feldolgozott terepi spektrumaiból spektrális könyvtárat hoztunk létre.

### ***Spektrumok vizsgálata***

A kutatásban a földi referencia felszínek adatai alapján számított tapasztalati vonal függvényt alkalmaztuk atmoszférikus korrekció számításához, mivel a többi tesztelt modell alapú módszer (ATCOR4, FLAASH) nem bizonyult megbízhatónak.

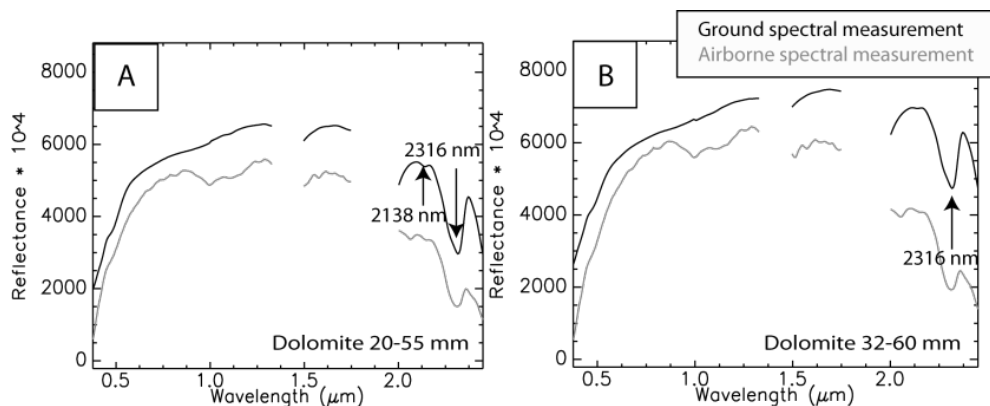


3. ábra A siófok környéki területről készült hiperspektrális mozaik és az egyik mintaterület a repülés időpontjában kihelyezett különböző anyagokkal

A spektrumoknál vizsgáltuk, hogy az anyagokra jellemző jellegzetes abszorpciós területek hogyan jelentkeznek a légi felmérésből számított adatokon. A 4. ábrán különböző szemcse-összetételű dolomit felszínek légi és terepi spektrális vizsgálata látszik, a szakirodalomból (CLARK ET AL. 2007) is ismert 2138 és 2316 nm közötti jellegzetes elnyelési pontokkal.

A kutatás során összehasonlítottuk a földi terepi és az atmoszférikusan korrigált légi hiperspektrális mérési adatok. A fenti példán is jól látszik, hogy az atmoszférikus korrekció után hasonló spektrumot kaptunk, mit a földi mérések során.

A jövőben folytatjuk a modell alapú atmoszférikus korrekció alkalmazását, azonban az ehhez szükséges kalibrációs adatok fejlesztése még nem zárult le. A további kutatások arra fognak irányulni, hogy milyen módszerrel lehet eredményesen detektálni a vizsgált spektrumokat, akár nagyobb területeken alkalmazva.



4. ábra A siófok környéki területről készült hiperspektrális mozaik és az egyik mintaterület a repülés időpontjában kihelyezett különböző anyagokkal. A: 20-55 mm szemcseméretű dolomit, B: 32-60 mm szemcseméretű dolomit

## Összefoglalás

A nagy terepi és spektrális felbontású légi hiperspektrális technológia, a megfelelő adatfeldolgozási módszerek és az osztályozandó kategóriák előzetes meghatározásával, alkalmas lehet a különböző anyagok vizsgálatára.

A kutatás során megvizsgáltuk a légi hiperspektrális felvételek alkalmazhatóságát a különböző anyagok elkülönítésére. Ehhez a légifelvételezéssel egyidőben elvégzett terepi spektrummérés eredményeiből a kihelyezett anyagok spektrális könyvtárát is elkészítettük, melyet az anyagok más területen történő detektálásához is fel lehet használni. A jövőben folytatjuk a felvételek atmoszférikus korrekciójának fejlesztését és az egyes anyagok elkülönítésére alkalmas képfeldolgozási módszerek tesztelését.

## Köszönetnyilvánítás

A cikkben közölt kutatások elkészítését a TÁMOP-4.2.2.D-15/1/KONV-2015-0010 azonosítójú 'Távérzékelési és zöldenergia témájú célzott komplex alapkutatói programok előkészítése, hálózatosodás és felkészülés nemzetközi programokban és kezdeményezésekben való részvételre' című projekt támogatta. Az adatfelvételezésben és az előfeldolgozásban részt vettek a kamerát gyártó Specim Ltd. munkatársai.

## Felhasznált irodalom

- BURAI, P.–DEÁK, B.–VALKÓ, O.–TOMOR, T. (2015): Classification of herbaceous vegetation using airborne hyperspectral imagery. *Remote Sensing*, Vol. 7 (2), pp. 2046–2066.
- BURAI, P.–LÁPOSI, R.–ENYEDI, P.–SMOTZER, A.–KOZMA B. V. (2011): Mapping invasive vegetation using AISA Eagle airborne hyperspectral imagery in the Mid-Ipoly-Valley. 3rd IEEE GRSS Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing- WHISPERS'2011, Lisboa, Portugal, Procceding DVD
- CLARK, R.N.–SWAYZE, G.A.–WISE, R.–LIVO, E.–HOEFEN, T.–KOKALY, R.–SUTLEY, S.J. (2007): USGS digital spectral library splib06a: U.S. Geological Survey, Digital Data Series p. 231.
- LANDGREBE D. A. (2003): *Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2003. p. 508.
- SZABÓ, SZ.–BURAI, P.–KOVÁCS, Z.–SZABÓ, GY.–KERÉNYI, A.–FAZEKAS, I.–PALÁDI, M.–BUDAY, T.–SZABÓ, G. (2014): Testing of algorithms for the identification of asbestos roofing based on hyperspectral data. *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 43 (11), pp. 2875–2880.
- TOBAK, Z.–CSENDES, B.–HENITS, L.–VAN LEEUWEN, B.–SZATMÁRI, J.–MUCSI, L. (2012): Városi felszínek spektrális tulajdonságainak vizsgálata légifelvételek alapján, In: „VI. Magyar Földrajzi Konferencia”, SZTE – TFGT, Szeged, pp. 1088–1097.





# SmartGround projekt – adatintegrációs platform a másodnyersanyagok hasznosításáért

Chrabák Péter<sup>1</sup> – Garamvölgyi Ernő<sup>2</sup> – Bodnárné Sándor Renáta<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> tudományos munkatárs, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

<sup>1</sup> peter.chrabak@bayzoltan.hu;

<sup>2</sup> erno.garamvolgyi@bayzoltan.hu;

<sup>3</sup> renata.sandor@bayzoltan.hu

**Abstract:** Raw Materials are becoming more and more important for the EU economy but their accessibility is getting crucial, especially the Critical Raw Materials. In Europe there are between 150k to 500k highly variable landfills, thus the EU Secondary Raw Materials (SRM) potential is significant. Existing knowledge, reporting standards and inventory actually used seem to be inefficient. Rational waste management practices could lead to a more efficient exploitation of raw materials and to waste reduction. In this context, the improvement of the availability and accessibility of data and information on SRM together with the creation of European networks will improve the SRM economic and employment potential in EU. Horizon 2020 project, called SmartGround (SMART data collection and inteGRation platform to enhance availability and accessibility of data and infOrMation in the EU territory on SecoNDary Raw Materials) supports these activities with international data on landfills, common geoinformation system for information management, data fusion and analysis and prediction tools.

## Háttér

A nyersanyagok egyre fontosabbak az EU gazdasága számára, de azok elérhetősége egyre fogytán van. Európában 150 ezer és 500 ezer közé tehető a hulladéklerakók száma, így az EU-n belül jelentős lehet a másodlagos nyersanyagok (SRM) potenciálja. Míg a meglévő tudás, szabványok és leltár jelenleg elégtelennek tűnnek, egy racionálisabb hulladékgazdálkodási gyakorlat a nyersanyagok hatékonyabb felhasználásához és hulladékcsökkentéshez vezethet. Ebben az összefüggésben az SRM adatok és információk hozzáférhetőségének és rendelkezésre állásának fejlesztése európai hálózat kialakításával javíthatja a másodlagos nyersanyagokkal kapcsolatos gazdasági és foglalkoztatási potenciált az EU-ban.

E problémakör vizsgálatára indult 2015 októberében a nemzetközi Smart Ground (SMART data collection and inteGRation platform to enhance availability and accessibility of data and infOrMation in the EU territory on SecoNDary Raw Materials) projekt angol, olasz, spanyol, finn és magyar partnerek bevonásával, melyek a témakör három fő szereplőjét képviselik: hulladékgazdálkodási cégeket, mint végfelhasználókat; K+F és technológiai transzfer szervezeteket (kutatóközpontok, egyetemek); továbbá hatóságokat.

A projekt fő célja a kommunális, ipari és bányászati hulladéklerakók másodlagos

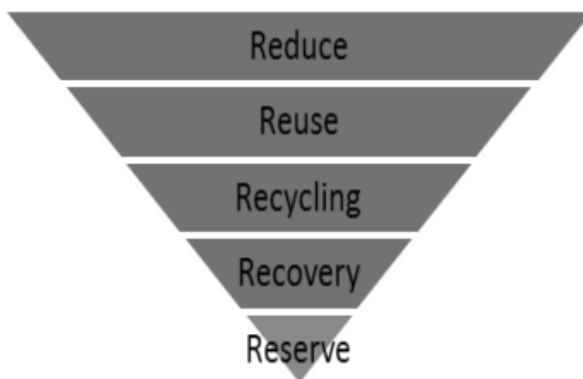
nyersanyag tartalmára vonatkozó információk elérhetővé és hozzáférhetővé tétele, a tevékenységek közös összeurópai információs rendszerbe integrálásával. A SmartGround rendszer az adatok jellege szerint többrésze osztható:

- Az azonosított nyersanyagokkal kapcsolatos információk nyíltan elérhetőek lesznek.
- A korlátozottan hozzáférhető rész a hulladékgazdálkodási cégek számára teszi lehetővé, hogy hasznosítható hulladékmennyiségekre vonatkozó adatokat (minőség, geoadat, stb.) rögzítsenek.

Ez összhangban van azzal az elképzeléssel, amely a lerakott hulladékot most, vagy akár a jövőben felhasználható, stratégiai tartaléknak tekinti. E másodlagos nyersanyag (SRM – Secondary Raw Material) potenciál elképzelés alapja a megfelelő szeparálási technikák elérhetősége. Az anyag hasznosítása akkor válik reálissá, mikor annak feldolgozása előnyösebb és gazdaságosabb lesz, mint a primér nyersanyagoké. Ezzel a koncepcióval az eddigi „4R” hulladékhierarchy bővül egy ötödik R-el: Reserve – tartalék - résszel (1. ábra).

További konkrét célkitűzések:

- Mennyiségi és strukturális információk gyűjtése a meglévő másodnyersanyag forrásokról,
- kritikus pontok/szűk keresztmetszet azonosítása,
- nyersanyagokra és hulladékokra vonatkozó szabványok számbavétele, SRM-re vonatkozó legjobb gyakorlatok kifejlesztése, valamint azok érvényesítése egy pilot helyszínen,
- az SRM legígéretesebb piacának azonosítása,
- a különböző folyamatok által kiváltott hatások értékelése és elemzése.



*1. ábra Végső cél a rendelkezésre álló nyersanyagokkal kapcsolatos ismeretek növelése. A „4R” hulladékhierarchy (EK/2008/98), „5R” hulladékhierarchyra változik, a végső szakasz az „ártalmatlanítás” „tartalékra” történő cseréjével*

## *A SmartGround projekt felépítése*

A projekt fő feladatainak megfelelően bontható munkapontokra (2. ábra). Az első munkapont célja mennyiségi és strukturális adatok gyűjtése, az Európában legszükségesebb nyersanyagok meglévő és még nem ismert SRM erőforrásaiból és/vagy nyersanyagként és/vagy energiaként nyereségesen hasznosítható SRM-ből. Ebben a munkapontban a partnerek kijelölik azon kísérleti hulladéklerakókat, ahonnan a specifikus adatok gyűjtése és az SRM meghatározása történne, a különböző minőségi és mennyiségi információk integrálásával. Ez a SmartGround Adatbank alapja, amely lehetővé teszi a hulladéklerakó bányászat nyereségességének vizsgálatát, az SRM források és szükséges módszerek értékének és megvalósíthatóságának meghatározásához, figyelembe véve az azonosítási, szeparálási és dúsítási lehetőségeket.

Ezt a hulladékáramok és SRM fenntarthatósági kéréseinek meghatározása követi. Társadalmi-gazdasági elemzés készül (piaci, LCA, költség/haszon elemzés az irányítási és üzleti modellekre), a lerakott nyersanyag mennyiség hasznosításának potenciális lehetőségeinek értékelésére és a legígéretesebb piacok megtalálására. E feladat

- azonosítja a másodlagos nyersanyagok hasznosíthatóságának korlátait,
- a jövőbeli forgatókönyveket,
- anyagáramlási térképeket készít a vizsgált nyersanyagokból,
- meghatározza Európa országai közötti lehetséges szinergiákat (források, igények, együttműködések),
- vizsgálja a koncepció anyagi hasznát,
- elősegíti a legjobb stratégiák kidolgozását.

Ezek az eredmények javítani fogják az esélyeket az Európa gazdaság-piaci versenyképességének növelése érdekében.

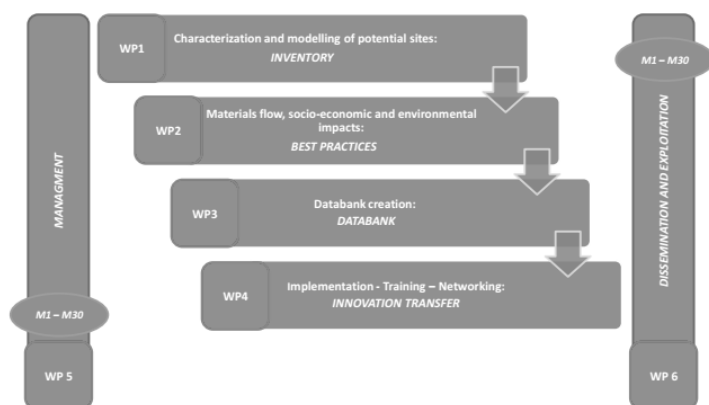


Figure 3.1: Visual presentation of the SMART GROUND work plan

2. ábra A SmartGround projekt munkapontjai

### SmartGround Platform és adatbank

A céladatmodell és kezelőrendszer kidolgozása a heterogén adatrendszerek integrált tárolására, kezelésére és vizsgálatára. A rendszer olyan alappillérekre épül, mint a nemzetközi szabványügyi szervezetek (ISO, OGC, OASIS, The Open Group, stb.) által kiadott referencia- és információs modellek; továbbá a hulladék- és nyersanyagbányászattal kapcsolatos projektekben kidolgozott adatmodellek (ProSUM, MINERALS4EU<sup>1</sup>).

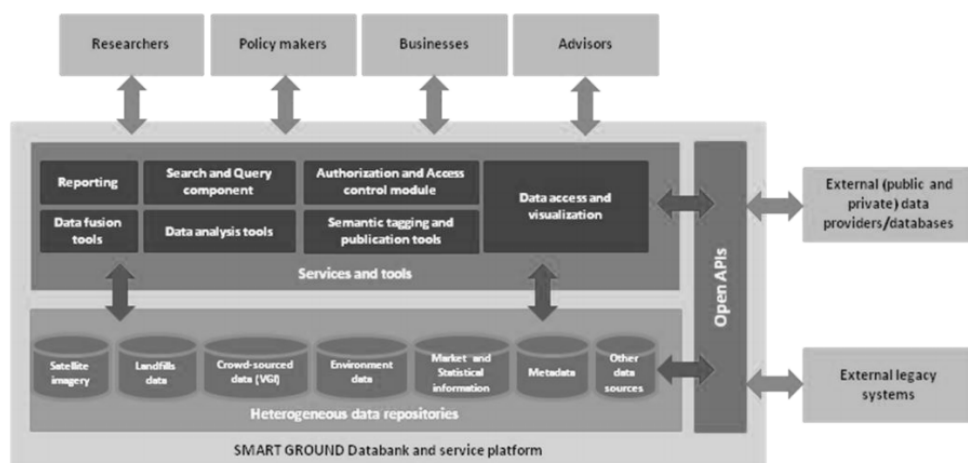
A modell két alapegységre bontható:

1. SMART GROUND Core Model: MINERALS4EU/ProSUM projektekben kifejlesztett rendszerekkel kompatibilis alrendszer.
2. SMART GROUND Extended Model: Projektspecifikus adatok és információk kezelésére szolgáló alrendszer.

Az elérhető szolgáltatások biztosítják a feltöltés, keresés, adatlekérés és vizualizáció lehetőségét. Az adatok statisztikai és feldolgozási szolgáltatásokhoz kapcsolhatók (3. ábra).

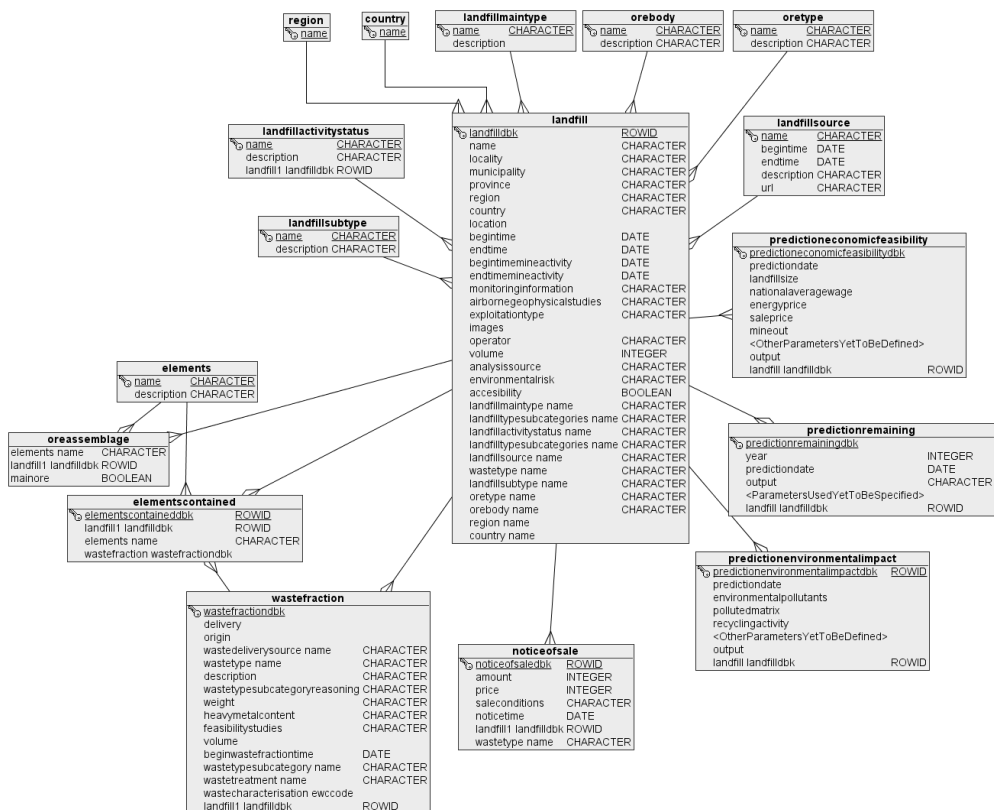
A rendszer adatbázisa a heterogén adatforrások és formátumok kezelése érdekében különböző tárolási megközelítéseket támogat, természetesen az elvárt adatbiztonsági elveknek megfelelően. Megvalósításra kerül a tervek szerint:

- fájlszintű tárolás (például műholdképek, Excel fájlok, stb),
- relációs adatbázis (4. ábra),
- nem relációs elvű, közepesen strukturált, NoSQL tárolás (pl. CassandraDB, MongoDB, stb. struktúrák valósidejű szenzorinformációk, hulladékos cégek adatainak tárolása, stb.).



3. ábra Tervezett Smart Ground adat- és szolgáltatás platform (ESBRÍ 2016)

<sup>1</sup> <http://www.weee-forum.org/prosum-0>, <http://www.minerals4eu.eu/>



4. ábra Tervezett Smart Ground hulladéklerakó adatmodell (részlet),  
[version 24/02/2016] (SMART GROUND RELATIONAL DATA MODEL 160224)

A rendszer alaphasználatához felhasználói forgatókönyvek készülnek. E tervezett forgatókönyvek lehetőséget adnak olyan feldolgozási és adatfúziós funkciók ellátására is, mint

- hulladéklerakók rendszerbe történő regisztrációjára, adatfeltöltésre,
- hulladéklerakók anyagtartalmának becslésére,
- a kitermelés és hasznosítás költségeinek és környezeti hatásainak értékelésére,
- beruházási döntések előkészítésére az előzőekben említett szolgáltatások alapján.

## A SmartGround projekt hatásai

Az intelligens („Smart”) megközelítés egyik fő alappillére az erőforrások hatékony felhasználása. Ennek egyik legfontosabb pontja a hulladékok termelésbe történő visszavezetése, amely megköveteli a hulladékok erőforrásként történő megközelítését. Ez a jövő összeurópai hulladékgazdálkodásának kiindulópontja. A projekt eredményeképpen létrejövő tudás és az azt menedzselő platform támogatja az EU szintű és nemzeti döntési folyamatokat, átláthatóbbá teheti a nyersanyag-

források helyzetét és felgyorsíthatja a szektort a kereslet és kínálat összehangolásával. Jelentősen hozzájárul a fenntartható erőforrásgazdálkodás megvalósításához, intelligens megközelítések használatával.

### **Felhasznált irodalom**

Smart Data Collection and Integration Platform to Enhance Availability and Accessibility of Data and Information in the EU Territory on Secondary Raw Materials– SmartGround Technical Annex

ESBRÍ, M. A. (2016): SmartGround Platform, SmartGround Project Meeting, Cranfield, 13-14th January 2016.

ESBRÍ, M.A.–LÓPEZ, J.–VALJUS, T.–SAPINO, M.L.–LAMPI, M.–GARCÍA, E.M (2016): D3.1 SMART GROUND Databank and Service Platform Specification, Report

SMART GROUND Relational data model 160224, Internal document

# Helyspecifikus gazdálkodás alkalmazásának lehetőségei a forgatás nélküli művelésben Karcagon

Czimbalmos Róbert

tudományos főmunkatárs, DE ATK Karcagi Kutatóintézet, rczimb@agr.unideb.hu

**Abstract:** Karcag Research Institute is engaged in researches in soil management technologies and precision farming too. The examination of new soil use methods was started in 1997, in Karcag Research Institute's plots. Our goal is to prevent or reduce the soil degradation processes in „Great Cumania”. A lot of area as in this microregion is occupied by the „minute soils”, which can be characterized by a very short period for optimal cultivation due to their unfavourable hydrological features and heavy texture. Effects of soil protective cultivation technologies – involving direct seeding and residue management – on the soil, crop and economy of production are examined in a multiple long-term field experiment on a heavy textured soil. According to the research achievements of the first eighteen years of the experiment the applied treatments have not always significantly influenced the yield of the indicator crops, but considerably decreased the energy consumption and costs of cultivation. We touch on the issue of pay-off and profitability too.

## Bevezetés

A 2010. évi első, debreceni Térinformatikai Konferencián megjelent cikkem (CZIMBALMOS, R. 2010) a mostani írás bevezetőjének is tekinthető. A helyspecifikus gazdálkodás területén az elmúlt két évtized alatt lezajlott robbanásszerű fejlődés gyakorlati oldalról egyrészt olcsóbbá tette azt a komplex rendszert, mely a bevezetésének első éveiben éppen alkalmazásának bonyolultságával riasztotta el a gazdaságokat. Az ezzel kapcsolatos kutatásokat a Magyar Tudományos Akadémia már az 1990-es évek elején kezdte (GYÖRFFY, B. 2000). Napjainkban ezek a rendszerek felhasználóbaráttá váltak azon gazdálkodói kör számára, akik nyitottak ezen új technikák, technológiák alkalmazására. Az alkalmazási cél az akkor leírtak szerint most is ugyanaz: mezőgazdasági tábla szintjén helyspecifikusan, hatékonyabban és a környezetet kímélve tudjunk termelni. Ennek aktualitása – mikor a Föld lakossága hétmilliárd fölé emelkedett, és mintegy egymilliárdnyi ember nem jut jó minőségű táplálékhoz – vitathatatlan, és ugyanakkor egy olyan innovációs igényt is jelez, amit a helyspecifikus gazdálkodás teljesíthet. Gyakorlatilag minden mezőgazdasági tevékenység (talajművelés, műtrágyázás, vetés, növényvédelem, aratás) kapcsolatba kerülhet a GPS rendszerekkel, hisz ezen adatok 99 százaléka konkrét helyhez köthető (NAGY, L. 2005). Nagyon fontos, hogy okszerű és korszerű gazdálkodást folytasson a gazda, olyan vetőmagot, tájfajtákat használjon, olyan agrotechnikát alkalmazzon, amellyekkel az egyre szigorúbb és növénytermesztés szempontjából kedvezőtlen ökológiai hatásokat tompítani tudja. Környezetvédelmi szempontból is fontos, hogy a talaj mikrobiológiai tevékenységének tudatos szabályozásával előnyösen



befolyásolhatók a humuszgyarapító- és bontó folyamatok, egyúttal a tarlómaradványok feltáródása, fenntartható a talaj kultúrállapota és művelhetősége (BIRKÁS, M. 2002). Az új, forgatás nélküli talajművelési rendszerekben igen fontos tényező a talaj felszínén megmaradó növényi maradványok lebomlása. A hagyományos művelést felváltó, a talajt védő új művelési módszerekkel jelentős mértékben javítható a talaj kémiai, fizikai és biológiai állapota (GYURICZA–BIRKÁS, 2004). Ezt a tényt a világon sok helyen tapasztalták (DORAN, 1980; BEARE ET AL. 1994). Az új, forgatás nélküli talajművelési rendszer és a helyspecifikus gazdálkodás egy olyan komplex rendszert jelent, amikor olyan technikát alkalmaz a gazdálkodó, ami a „pozicionált információk gyűjtésére, tárolására és kezelésére alkalmas” (NÉMETH, T. 2013). Napjainkban a precíziós gazdálkodás egy-egy részegységét már sok gazdaságban megtaláljuk (hozamtérképezésre alkalmas aratócséplőgép, automata kormányzás erőgépeknél, korszerű isobuszos erő+munkagép kapcsolatok stb.), de ekkor még nem beszélhetünk precíziós gazdálkodásról. A helyspecifikus gazdálkodás magába foglalja a nagy pontosságú, lehetőleg RTK-s GPS rendszert használó talajművelést, műtrágyázást, vetést és növényvédelmet, valamint a betakarítást. Elengedhetetlen azonban a magas szintű szakmai tapasztalat (gondosan előkészített talaj, adott termőhelyi adottsághoz legalkalmasabb fajtaszortiment és vetésváltás kialakítása). Ezeket értelemszerűen ki kell egészíteni a táblák talajvizsgálataival (tápanyagtőke követése), valamint olyan szakmai tudásbázissal, ami nélkül működésképtelenné és veszteségesse válhat a rendszer; tudomásul kell venni, hogy megfelelő térinformatikai ismeretek hiányában (minimális szintű modellezési és geostatistikai ismeretek) a legkorszerűbb rendszer sem fog extra bevételt biztosítani a gazdának.

## Anyag és módszer

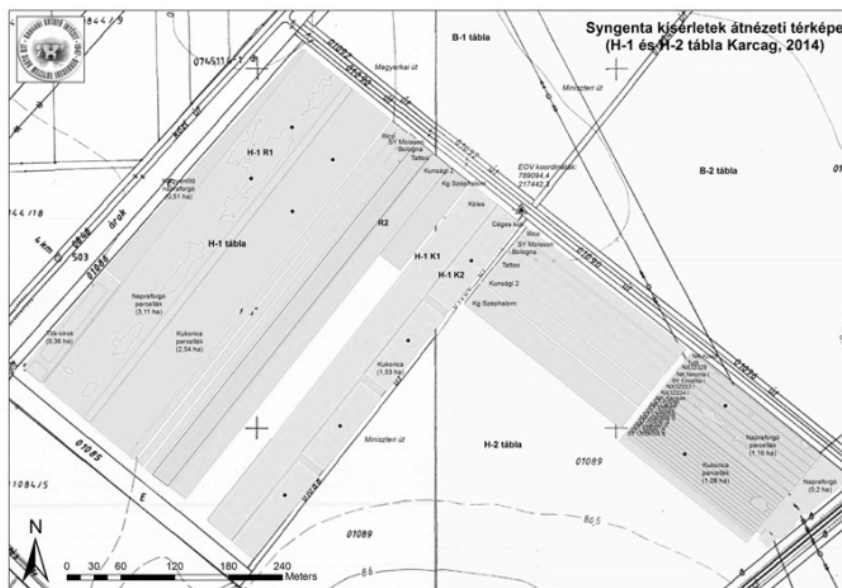
A Karcagon 1997-ben indított forgatás nélküli művelés tartamkísérletének helyszíne a DE ATK Karcagi Kutatóintézet H-1 (15,8 ha) és H-2 (3,8 ha) jelű táblái, csernozjom réti talajon (*1. ábra; 1. táblázat*). A H-1 tábla redukált művelésű parcelláin és a hagyományos művelésű H-2 táblán került beállításra egy olyan – az indítása évében korát megelőző – talajművelési kísérlet, melynek fő célkitűzései a következők voltak:

- A rendszeresen művelt réteg mélységének csökkentése,
- a konvencionális, ekén alapuló talajművelési rendszer elhagyása, forgatás nélküli (redukált) művelés alkalmazása,
- mulcsozási technológia révén a termőhelyen keletkezett szerves anyag talajba juttatása,
- időszakos mélylazítás alkalmazása a talaj fizikai hibáinak, illetve a termékenységget korlátozó tényezők megszüntetésére,
- a termelési költségek leszorítása, az emissziós értékek drasztikus csökkentése.

A kísérleti tér talajparamétereinek, mikrodomborzatának, tápanyag-ellátottságának periodikus felvételezése és vizsgálata, talajfizikai paraméterek gyűjtése (VK<sub>max</sub>, penetrációs ellenállás, vezetőképesség stb.) folyamatosan zajlik. Az előzetes talajvizsgálatok, kataszteri térképi állományok és a kezeléseket tartalmazó

1. táblázat H-1 és H-2 táblák talajtulajdonságainak (0-20 cm) összefoglaló táblázata

	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	K <sub>A</sub>	Só-tart.	CaCO <sub>3</sub>	Humusz	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> - N	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O
				(m/m)%	(m/m)%	(m/m)%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>H-2</b>	5.65	5.07	51.00	0.05	< 0,05	3.05	14.07	93.15	435.00
<b>H-1</b>	6.41	5.77	53.50	0.04	< 0,06	3.71	14.58	162.56	439.75

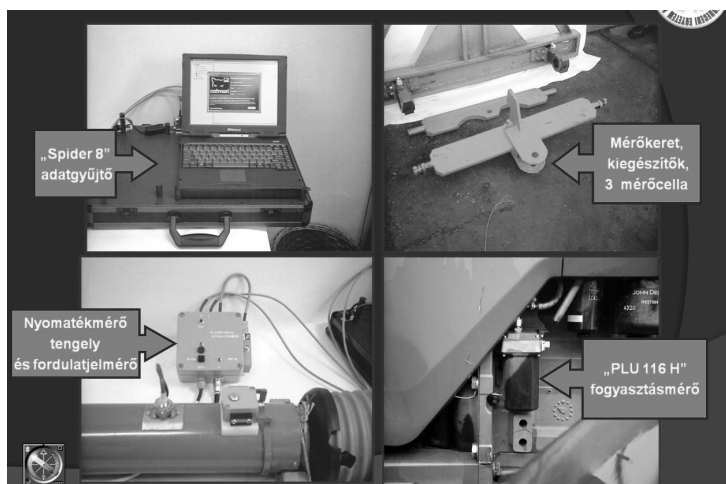


1. ábra Az új és a hagyományos művelési módok kísérleti terei Karcagon

saját generált fedvények, intézeti laboratóriumi és térinformatikai háttértámogatással készülnek. Az új művelési rendszerben alkalmazott erőgépek között 2013-tól új, nagyteljesítményű (300 LE) automata kormányzású erőgép került bevezetésre, mely RTK rendszerrel szerelt, tehát a 2,5 cm pontosságot biztosít. A gépi üzemeltetés két fontos paramétere rögzítésre kerül: a munkagépek vontatásához szükséges vonóerő szükséglet és a tüzelőanyag fogyasztás. Előbbi rögzítése egy speciális mérőkeret és mérőcellák, valamint egy „Catman” nyolccsatornás adatrögzítő berendezés segítségével (2. ábra) történik. Az egyik csatornára kötött GPS eszköz az erőgép által megtett utat, annak koordinátáit is rögzíti (3. ábra). A munkaműveletek közben elégetett tüzelőanyag mennyiségét egy nagy pontosságú szonda+GPS<sup>1</sup> rendszer méri és élőben (real-time) közvetíti számítógépes szoftveres felületre a megfelelő jogosultsággal rendelkező számára.

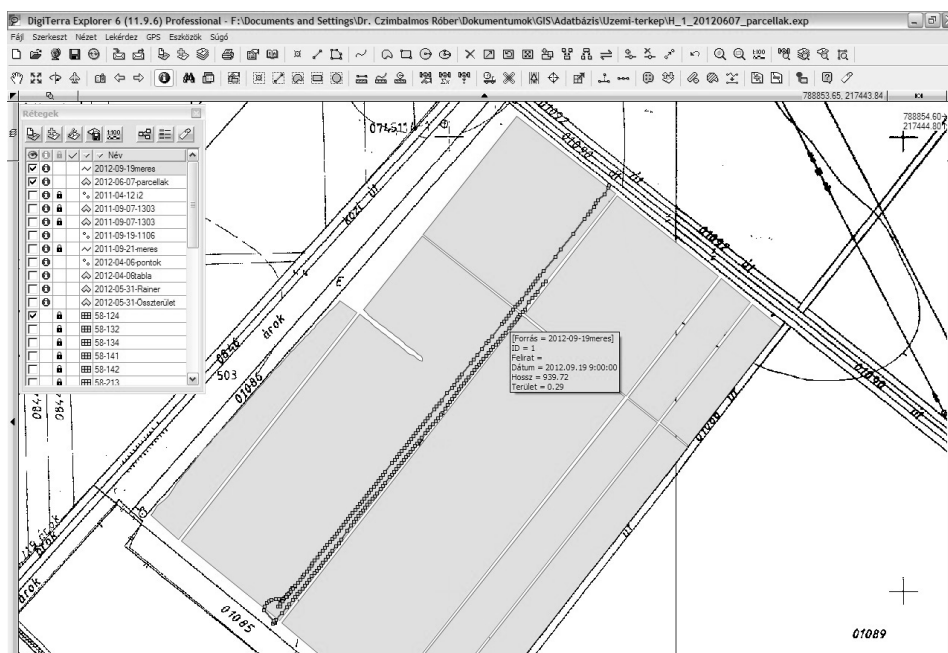
Kiemelendő, hogy az utóbbi öt-hat évben – a precíziós gazdálkodás területén – lezajlott fejlesztések lehetővé tették az olcsó és nagy pontosságú, gazdálkodók számára is megfizethető, egyszerűen használható, „felhasználóbarát” rendszerek

<sup>1</sup>Mg-i erőgépek számára kialakított ITINERIS rendszer, WayQuest szoftveres felülettel.

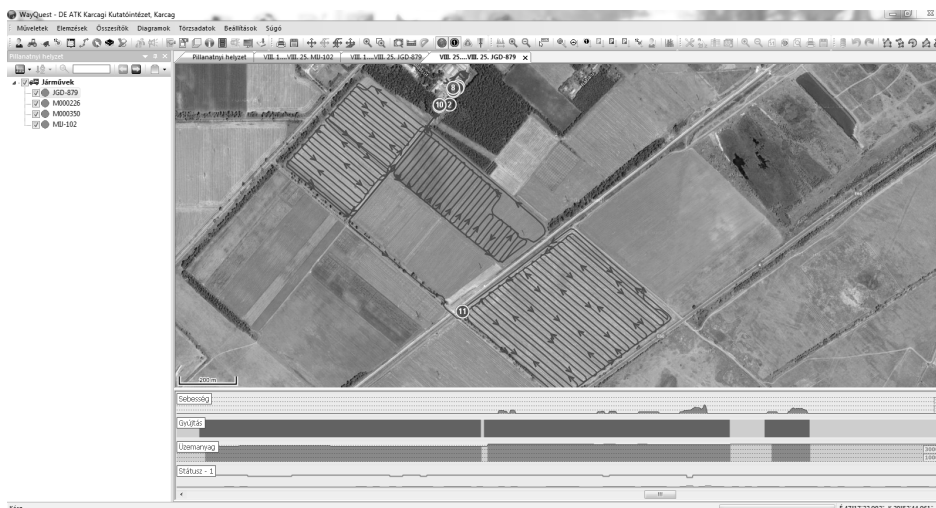


2. ábra A vonóerő- és nyomatékmérés eszközrendszere

kifejlesztését, gyártását. Természetesen a gépjárművezetés mérései adatbázisban tárolhatók, minden művelet utólagosan is naplózható, elemezhető. Az aktív műveléssel töltött idő, a ki- és levonulás ideje, az ezek alatt elfogyasztott tüzelőanyag mennyisége kerül rögzítésre, és természetesen mindezek egy GoogleMaps térképen, illetve saját szerkesztésű térképfelületen jeleníthetők meg (4. ábra).



3. ábra Vonóerőmérés közben rögzített track-ek



4. ábra Bálázás 2015.08.25-én, JGD-879 rendszámú JD 6620 erőgéppel

## Eredmények

Az új, forgatás nélküli művelés eredménye egy szervesanyagban gazdag, eke- és tárcsatalp-rétegektől mentes, periodikusan mélylazított művelt réteg kialakulása. Az új komplex művelési rendszer egy, a talaj kiszáradását mérséklő, eróziót és deflációt megállító, a talaj biológiai beérését segítő talajművelési technológia kialakítását biztosította. A karcagi művelési kísérlet szerves része lett a helyspecifikus gazdálkodás elemeit integráló adatgyűjtési és mérési módszer.

Összefoglalóan a forgatás nélküli, csökkentett menetszámú művelési rendszer megfelelő technológiába illesztve a következő előnyöket nyújtja:

- Kisebb gépi munka költség,
- kisebb inputanyag-költség (vetőmag, műtrágya, növényvédőszer),
- a kapacitások jobb kihasználása,
- szűk keresztmetszetek csökkentése,
- lehetőség az optimális időszakok kihasználására,
- csökkenő erózió és defláció,
- elfolyás csökkentése, nedvességmegőrzés,
- gyomok elnyomása (mulcs),
- csökkenő környezetterhelés,
- alacsonyabb vonóerőigény, alacsonyabb tüzelőanyag-fogyasztás,
- az RTK vezérelte műveletek eredményeképpen a munkaműveleteknél nagyobb pontosság, átfedésmentes területek,
- nincs szignifikáns terméskülönbség a hagyományos műveléssel összevetve,
- csökkentett menetszám mellett is optimális a magkörnyezet, homogén a haszonnövény állomány.

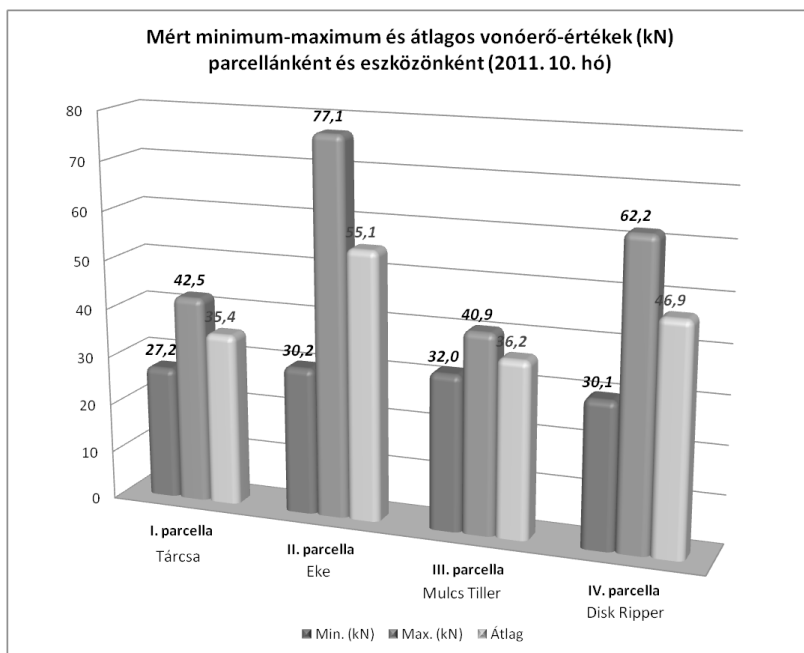
Az új művelési rendszer precíziós gazdálkodás hátterét a nagy pontosságú RTK rendszerrel szerelt erőgép jelenti, mely így a forgatás nélküli művelés alap

művelőeszközeit (diskripper, mulcstiller, tárcsa, korszerű mérleges műtrágyaszóró és direktvetőgépek) nagy pontossággal tudja kiszolgálni. Az automata kormányzás és a pontos sorcsatlakozás a gépkezelő teljesítményét növeli, javul az erőgép fajlagos területteljesítménye, az alacsonyabb műveletszám és kisebb vonóerőigény miatt (5. ábra) csökken a környezetterhelés, alacsonyabb a tüzelőanyag-fogyasztás. A rendszer részét képezi a hozamtérképezést végző aratócséplőgép. A speciális szecskázó és terítő adapterével biztosítja a szalma és szármaradványok egyenletes aprítását, terítését, hozzájárulva nedvességmegőrző mulcsréteg kialakításához (a növényi maradványok egyenletesen szétterítve a felszínen maradnak, majd az őszi talajmunkák során 70%-át sekélyen beforgatják, 30% a felszínen marad nedvességmegőrző szereppel). A növényvédelmi beavatkozásoknál a gyomfelvételezések után a szabályozott, szakaszolható permetezővel költségtakarékos és kevésbé környezetromboló a beavatkozás.

### *Egyéb térinformatikai alkalmazások a művelési kísérletben*

**Terepi nagyteljesítményű kézi GPS a Digiterra Explorer rendszer részeként** az adott év jelzőnövény parcellái terepi felméréseinek kivitelezése, talajmintavételezési pontok hálójának elkészítése, mintavételi pontok kijelölése, ugyanazon pontok felkeresése évről évre, tematikus térképek készítése, területmérési feladatok, jegyzőkönyvek készítése, vis maior események (belvizes, aszály vagy vadkár, jégverés által sújtott területek) által érintett területek felmérése.

**Digitális térképi adatbázis** került kialakításra kataszteri alaptérképek, digitális



5. ábra Mért vonóerő-értékek az ekénél és az új művelés eszközeinél

ortofotók felhasználásával, illetve a GoogleMaps felületen is elkészült a teljes intézeti táblákat tartalmazó térképi adatbázis, évről évre frissülő attribútív adatbázisháttérrel. Ez az adatbázis kiegészül egyéb elérhető külső térképi és attribútív adatbázisokkal (OTAB, DTA-50, AGROTOPO, CORINE stb.)

**Digitális táblatörzskönyv** vezetésével (AGROORG) minden művelési beavatkozás rögzítésre kerül, a művelési kísérlet térinformatikai módszerekkel gyűjtött adatait (erőgépek fogyasztási adatai) is felhasználja a digitális táblatörzskönyv megfelelő modulja.

## **Következtetések, javaslatok**

Figyelembe véve az inputanyagok folyamatosan emelkedő árait, a klimatikus szélsőségek gyakoriságának növekedését, a helyspecifikus gazdálkodással kombinált forgatás nélküli művelés az egyetlen alternatíva a gazdálkodók számára, amellyel versenyképesek lehetnek az elkövetkezendő évtizedben is. Különösen fontos kiemelni a gazdaságtársadalom számára jelentős bevételt és működési biztonságot jelentő területalapú (SAPS+AKG, zöldítés) támogatások 2020 utáni bizonytalan sorsát, amelyek nélkül is versenyképesnek kell maradni egy magyar gazdaságnak az Unióban. A cikkben röviden ismertetett új művelési mód eszközei, a precíziós gazdálkodás elemei napjainkban már elérhető áron jól illeszthetők egy gazdálkodó egység meglévő erő- és munkagépeihez. A gazdálkodó legelső, legfontosabb kérdése a megtérülési idő. Ez lehet közgazdasági kategória: többlethozam, többletjövedelem. A művelt tábla szintjén, adott termesztett haszonnövényre elvégzett költség-haszon elemzéssel képet kapunk a jövedelmezőségről. Ez alapján könnyen kiszámolható, hogy az adott pluszberuházás 4-5-6 vagy 8-10 év alatt térül meg. Előbbi szám a közepes (150-300 ha területnagyság) és nagygazdaságokra (300 ha felettiek) jellemző. A kisebbeknél (100 ha alattiak) ez elérheti a 10 évet is. A környezettudatos, a szántói állapotáért felelősséget viselő gazda sok esetben vállalja az extra kiadásokat, hisz tudja, hogy a jövedelmezőség mellett az ökológiai szemlélet és a fenntarthatóság közösségi, társadalmi szinten fontosabbak.

*„Talán akadnak, akik megütköznek azon, hogy száraz viszonyok, de csakis száraz viszonyok! – között hogyan lehet a szántások számának csökkentését – de helyette a talaj tetejének felporhanyítását – elvül kimondani.”*

*„Milyen másképp alakult volna ki a mi talajművelésünk, ha azt nem a Nyugattól, hanem Amerika száraz vidékeitől vettük volna át.”*

(Gyárfás József, 1922)



## Felhasznált irodalom

- BEARE, M.H.–HENDRIX, P.F.–COLEMAN, D.C. (1994): Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *SoilSci. Soc. Am. J.* 58: 777–786.
- BIRKÁS, M. (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- CZIMBALMOS, R. (2010): Kutatás és gyakorlat – Térinformatikai alkalmazások a KIT Karcagi Kutató Intézetben. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Universitas Alapítvány, Rexpo Kft., Debrecen, pp. 63–70., ISBN: 978-963-06-9341-7
- DORAN, J.W. (1980): Soilmicrobial and biochemicalchangesassociatedwithreducedtillage. *SoilSci. Soc. Am. J.* 44:765–771.
- GYURICZA, Cs.–BIRKÁS, M. (2004): Talajhasználat. Műveléshatás. Talajnedvesség Quality-press nyomda és Kiadó Kft.
- NAGY, B. (2005): Kell nekünk a GPS? *Mezőgazdasági Technika.* pp. 38–39.
- NÉMETH, T.(2013):Precíziós növénytermesztés I. rész, *AgroNapló*, 2013, 3.sz., pp. 47–48.



# (Át)változás

Csemez Gábor

informatikus, GeoX Kft., csemez@geox.hu

**Abstract:** In my lecture, I try to display the changes in the last 18 years of the GeoX Ltd. The changes within the firm, the changes in the scope of projects, and the changes in the customer's expectations. At the beginning in GeoX's life the „only” purpose was the business GIS. Nowadays customers can find field-work management system (SurveyCloud), web content analyser (OpinHU), online navigation and/or web-based multi-stop route-optimizer services in our supply. Besides these we maintain our digital street map (DSM-10) for Hungary which is part of the HERE and Google maps. We also provide street name and address references for Hungary.

Az előadás és Franz Kafka: Az átváltozás novellája között csupán a folyamat megnevezése azonos. Nem egyik pillanatról a másikra bekövetkezett és elszenvedett, hanem hosszú időn keresztül aktív átváltozásról kívánok értekezni, a szó tág spektrumát tekintve, és több szinten történő átváltozást jelezve.

A GeoX Kft. 1998. évi indulása óta eltelt 18 évben sok minden meg- / átváltozott.

Változott maga a cég. Létszámban, arculatban és orientációban is. A kezdeti négyfős, családias légkörű vállalkozás, manapság átlagosan húsz fő körüli alkalmazotti kört foglalkoztató céggé nőtte ki magát. Míg az első években az üzleti térinformatika és az ez iránt érdeklődő ügyfelek kiszolgálása volt a fő cél, ma már számtalan informatikai területen, sokszor nemzetközi együttműködésben is jelen vagyunk.

- Webes tartalomelemző szolgáltatásunk – OpinHU – segítségével nagy mennyiségű online adattartamban lehet irányított szűrést, elemzést végezni. A tartalmakban megjelenő szereplőket, valamint a rájuk vonatkozó véleményeket lehet bemutatni dinamikus elemzőfelülettel. Kulcsszavakat és témaköröket lehet meghatározni és követni. Az elemzési eredményeket táblázatos és grafikonos formában, különböző időbontásban lehet megjeleníteni. Az elemző képes mind magyar, mind angol nyelvű források (blogok, híroldalak, fórumok, Facebook, Twitter) feldolgozására.
- Online közvélemény kutatásokat támogatunk SurveyCloud alkalmazásunkkal Magyarországon túlmenően a világ több országában is: *Albánia, Bulgária, Ciprus, Egyesült Arab Emírség, Egyiptom, Görögország, Hollandia, Horvátország, Jordánia, Mianmar, Olaszország, Pakisztán, Palesztina, Portugália, Spanyolország, Szomália, Szudán, Törökország* (1. ábra).
- 2010. óta a mobiltelefonos platformokon is jelen vagyunk online útvonaltervező alkalmazásunkkal az EgérÚt-tal, amit partnercégünkkel az AntaresNav Kft-vel közösen fejlesztettünk. Az itt szerzett tapasztalatokon alapulva, a felhasználói igényekhez

alkalmazkodva a projekt tovább fejlődött és SwiftRoutes néven többpontos útvonal tervező és optimalizáló szolgáltatást indítottunk. (<http://www.swiftroutes.com>)

- Európai kutatás-fejlesztési projektek közül a 2008-2010 EURADIN (EUROpean ADdress INfrastructure), a 2012-2014 SOPCAWIND (Software for the Optimal Place Calculation for WIND-ferms), és a 2015 óta futó TIMON a leginkább említésre méltó.

Természetesen a cég kezdeti üzleti térinformatikai vonala is él. Ez termékkínálatban és szolgáltatásban is jelentősen bővült az évek során. A térképi adatbázisaink pontosodtak, adatszerkezetileg és adattartalmilag is bővültek. Közterület és címreferenciákat kínálunk, valamint nagymennyiségű címek validálását, tisztítását, geokódolását tudjuk elvégezni.

Az eltelt közel két évtizedben sokat változott a piaci környezet is mind a kínálati, mind a keresleti oldalon. Több térinformatikai cég megszűnt, vagy átalakult, de a felhasználói igények is változtak. Nagy az elmozdulás a desktop alkalmazásoktól a felhő alapú webes megoldások irányába.

Az open source szoftverek és „adatok” (OSM térkép, Google Térkép) megjelenése és elterjedése is formálja a fogyasztók elvárásait.

„Ellenőrizhetővé” válnak a helyek, címek, cégek és adatok. „Ott van a Google / OSM térképen...”

Két évtizeddel ezelőtt még a magyarországi digitális térképek hiánya jelentette a legnagyobb akadályt az üzleti elemzésekben, manapság az ingyenes források közül is válogatni lehet.

Két évtizeddel ezelőtt a multinacionális vállalatok „importálták” a térinformatikai igényeket. Ami az amerikai / nyugat európai anyavállalatnál bevett elemzés, kiértékelés volt, az a Magyarországra telepedett leányvállalatnál is elvárás lett. Ezek a standard igények mára már elapadtak és egyedi, személyre szabott



*1. ábra SurveyCloud segítségével végzett közvélemény kutatások*

megoldásokat keresnek az ügyfelek.

A technikai fejlődéssel és az ügyféligényekkel párhuzamosan a GeoX Kft. eszköz- és tudástára is fejlődött. Manapság nem ritka, hogy több terabájtos adatbázisokkal kell műveleteket végeznünk, sok tízmillió rekordos adatmennyiséget feldolgozni.

Az egyik legszembetűnőbb változás az Ügyfél címadatbázisok tisztításában, harmonizálásában, geokódolásában figyelhető meg. A 2000-es évek elején néhány ezres, tízezres nagyságrendű címadatbázisokat kellett tisztítani, geokódolni. Ezzel szemben 2015-ben nagyságrendileg 15.000.000 címet tisztítottunk és geokódoltunk. A megnövekedett kereslet hatására a címtisztító algoritmusaink is fejlődtek. Gyorsabbá és hatékonyabbá váltak. Ma már két, egymástól függetlenül fejlesztett algoritmussal validáljuk a címeket, így az ügyfelek még pontosabb eredményeket kaphatnak vissza.

Az algoritmusokkal párhuzamosan a referencia adatbázis is folyamatosan fejlődik. 2007-ben a lakott címek „csupán” 91 százalékát tudtuk házszaám pontosan geokódolni. Ez az arány 2010-re 95 százalékra növekedett, köszönhetően annak, hogy az egyes tanyákat is megpróbáltuk beazonosítani és a helyrajzi számos lakcímet is kezeltük. 2015-ben már 97 százalék fölötti az arány, és ez nem a lakott címek számának csökkenéséből adódik!

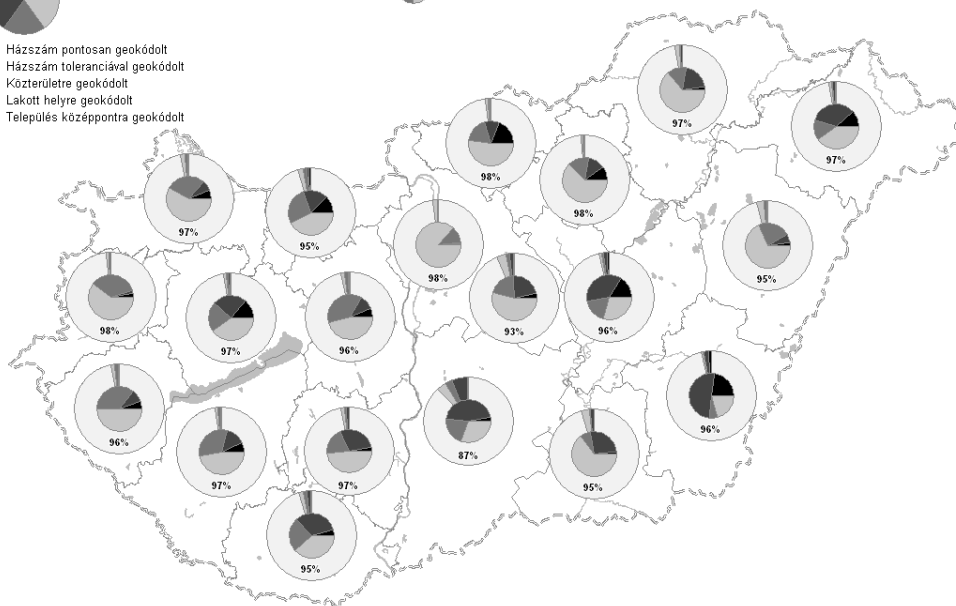
Még impozánsabb a kép, ha a fel nem geokódolt címek számát / arányát vizsgáljuk. 2007-től drasztikus csökkenés figyelhető meg. A kezdeti 17.000 darabszám 2015-re 206 címre csökkent. A 2. és 3. ábrán a lakott címek geokódolásának megyei

**Lakott címek geokódolási hatékonysága**  
2010. január 1. állapot



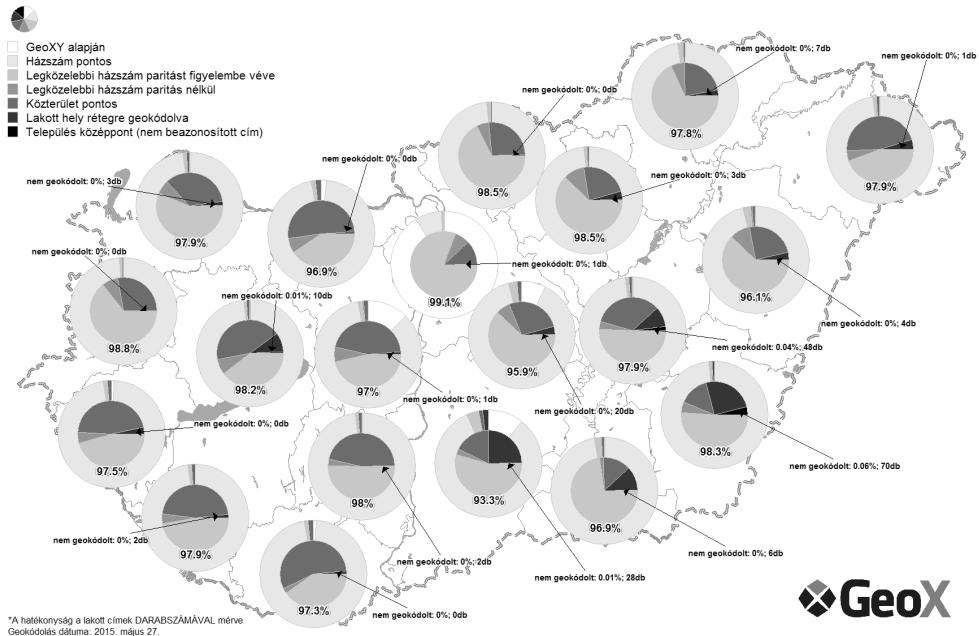
□ Házszaám pontosan geokódolt  
■ Házszaám toleranciával geokódolt  
■ Közterületre geokódolt  
■ Lakott helyre geokódolt  
■ Település középpontra geokódolt

**Nem cím szinten geokód  
címek megoszlása**



2. ábra Lakott címek geokódolási hatékonysága megyénkénti megoszlásban, 2010.

(2015. január 1. állapot)



3. ábra Lakott címek geokódolási hatékonysága megyénkénti megoszlásban, 2015.

megoszlása látható 2010. és 2015. évekre vonatkozóan.

A 2012. évi CLXVII. törvény (egyes törvényeknek a XX. századi önkényuralmi rendszerekhez köthető elnevezések tilalmával összefüggő módosításáról) 4. § alapján a helyi önkormányzatoknak a közterületek és közintézmények elnevezéseit felül kellett vizsgálniuk. Vajon sikerült-e minden településen elvégezni a módosításokat, átnevezéseket? Mi mindenesetre folyamatosan követjük és feldolgozzuk a változásokat címadatbázisainkban és az azokhoz kapcsolódó szolgáltatásainkban is.

# A visegrádi országok energetikai helyzetének vizsgálata kartografikus eszközökkel

Deák Attila

MSc-hallgató, Debreceni Egyetem, deakatesz@freemail.hu

**Abstract:** Nowadays energy is one of the most important parts of our life. Energy influences society's standard of living, the social and economic needs. Furthermore energy determines economy's operation, performance and competitiveness. My database was consisted of data series published by the Eurostat, KSH and GIE, then I analyzed the spatial differences and temporal changes in the Visegrad Group's (Czech Republic, Hungary, Poland and Slovakia) energy dependency in the gas storage facilities which can reduce the energy dependency.

## Bevezetés

A mindennapi életünk egyik legmeghatározóbb területe az energiagazdaság és annak alakulása. Mára az energia – a világ szinte minden részén – acivilizált élet szerves részét képezi, hiszen befolyásolja a társadalom életszínvonalát, kielégíti a társadalmi és a gazdasági igényeket, meghatározza a gazdaság működését, teljesítőképességét, versenyképességét. Kihatással van továbbá a minket körülvevő környezetre és a természetre is. Mindezeknek pedig nemcsak a jelenlegi helyzetére, állapotára van hatással az energetika, de jelentősen befolyásolhatja jövőnk alakulását, fejlődését.

Ennek alapján pedig elmondható, hogy minden állam számára fontosnak kell lenni, hogy biztosítani tudja a területén lévő lakosságnak, valamint a gazdasági élet szereplőinek szükséges megfelelő áru energiamennyiséget, még abban az esetben is, ha nem rendelkezik a kellő mennyiségű energiaforrással. Az energiaszükségletek kielégítése különösen azon országok számára nehézkes, amelyekben kedvezőtlen adottságú, kimerülő, kis mennyiségű energiahordozó készletek vannak. Köztudottan ezen készletjellemzők elsősorban a fosszilis energiahordozók esetén figyelhetők meg, amelyek felhasználása, energiává történő átalakítása környezetszennyező tevékenység. Ennek következtében pedig azon államok, amelyek garantálni szeretnék a lakosság jólétét, a gazdaság zavartalan működését, a környezet- és természetvédelmét és ezek hosszútávú fejlődését, akkor számukra elengedhetetlen a hatékony energetikai szemlélet és energiapolitika jelenléte.

Az alábbiakban szeretném a **visegrádi országok** energetikai helyzetét bemutatni az energiafüggőségük és a földgáz tárolásuk szemszögéből, amelyek napjaink egyik fontos energetikai témájának számítanak, és jelentős szerepet játszanak az energiapolitika alakulásában.

## Anyag és módszer

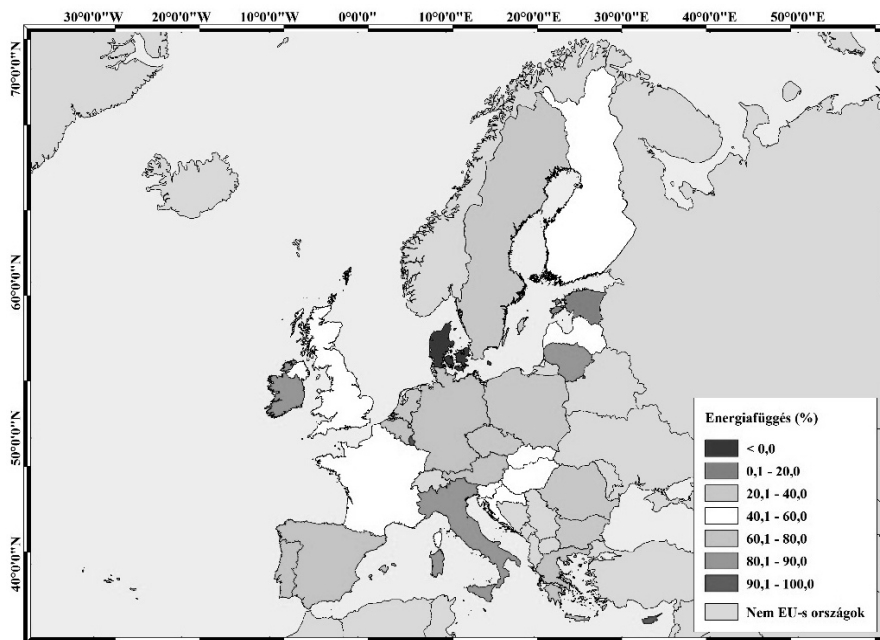
A különböző szakirodalmi elemzések mellett főleg statisztikai vizsgálatok végeztem, így az uniós országok energetikai célú vizsgálatához elsősorban a Központi Statisztikai Hivatal (KSH), az Eurostat, valamint a Gas Infrastructure Europe (GIE) adatsorait használtam fel. Az ezredfordulót követő (2000–2014 közötti) időszak adatait elemezve megvizsgáltam az energiafüggőség, az energiafogyasztás, valamint a földgáz tárolás területi és időbeli alakulását többek között viszonyszámokkal, trendelemzéssel, 1000 lakosra vetítéssel, kategorizálással. Ezenkívül még az adatsorokból – néhány esetben felmerülő – hiányzó adatokat is igyekeztem pótolni, azokat az az adatsorokban használt módszerek alapján kiszámolni. A téma szemléletes bemutatására szolgáló térképeket pedig a QGIS segítségével készítettem.

## Eredmények

### *Energiafüggőség*

Mivel Európában bővelkedik természeti kincsekben, az energiahordozó készletek jellemzően kedvezőtlen geológiai adottságúak, illetve a kimerülő hagyományos készletek nem elegendőek az energiaszükségletek kielégítésére, így az igények kielégítésének jelentős hányada – majd minden európai országban – a külföldi energiaimportra támaszkodik. Minek okán az európai államok jelentős részének nincs megfelelő konvencionális energiaforrása, ráadásul a fosszilis energiahordozók esetén tovább szűkítheti a beszerzési lehetőségeket, hogy a számbavehető lelőhelyek 70-80%-a politikailag instabil régiókban vannak (Kocsis K.–Tiner T. 2009). A felmerülő nehézségek kezelésére pedig nélkülözhetetlen megfelelő energiapolitikai koncepciókat kialakítani, amelyeknek figyelembe kell venni az adott állam erőforrás készletét, az energiaigények feltételezhető alakulását, az energetikai beruházásokhoz felhasználható tőke nagyságát, a műszaki és a technológiai fejlődést (Borai Gy.–Korömpai A. 2001). Mindemellett pedig fontosnak tartja a megfizethető és biztonságos energiaellátást, a megújuló energiák szélesebb körű felhasználását, és a külső energetikai változásokhoz is rugalmasan képes alkalmazkodni.

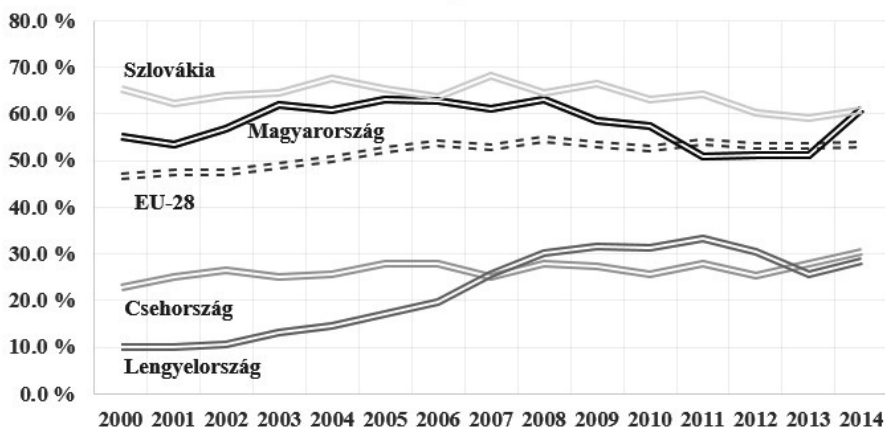
Az európai uniós országok egyik nagy energetikai problémájának tekinthető, hogy nem találhatók olyan jelentős mennyiségű hagyományos energiahordozó készletek, amelyekből hosszú távon is lehetséges lenne az energiaigények biztosítása, ráadásul a nem konvencionális készletek sem rendelkeznek kedvező geológiai adottságokkal. Ennek okán pedig az energiapolitika egyik fontos eleme az energiabeszerezése. A külső forrásból származó gazdaságos energiabeszerezést nyilvánvalóan korlátozó tényezőként tekinthető az adott ország energetikai és gazdasági mozgásterére nézve. Ez a „korlátozó hatás” pedig a beszerzés mértékétől függően válik egyre jelentősebbé. A beszerzés mértékének nagyságát kifejező legismertebb mérőszám pedig a százalékban kifejezett **energiafüggőség**. Ennek kiszámítása alapján pedig megállapítható az egyes államok energia szükségletének



1. ábra Az energiafüggőség alakulása az Európai Unióban

nagysága az energiafogyasztásukhoz viszonyítva (1. ábra).

A visegrádi országok energiafüggőségét tekintve a legkedvezőbb helyzetben Lengyelország és Csehország van, hiszen (2014-ben) előbbi függősége 28,6%, az utóbbié pedig 30,4% volt, ami az uniós átlagértéknél jóval alacsonyabb. Ezzel szemben a másik két ország energiafüggősége közel azonos mértékben haladta meg az uniós átlagot, Magyarország függősége 61,1%-ot, míg Szlovákiáé 60,9%-ot tett ki. Az ezredfordulóhoz képest csak Szlovákia tudta függőségét csökkenteni, míg Lengyelország függősége közel 3-szorosára növekedett (2. ábra).



2. ábra Az energiafüggőség alakulása a visegrádi országok esetén



## ***Az energiahordozók szerinti energiafüggőség***

Amennyiben az energiafüggőséget megvizsgáljuk külön energiahordozókra levetítve, még részletesebben láthatjuk az országok energia szükségletét.

A fosszilis energiahordozók közül a **szilárd tüzelőanyagok** importja a legkisebb mértékű. A köszénkészletének köszönhetően Csehország és Lengyelország egyaránt köszén exportáló országnak tekinthető – habár a vizsgált időszak alatt mindkét ország szilárd tüzelőanyag exportja csökkent. Ezt tükrözi vissza az erre az energiahordozóra számított függőségi érték is, így Csehországnak -5,0%, Lengyelországnak -8,7% volt a függősége. Magyarország energetikai helyzetét is jelentősen javítja a hazai köszénvagyon felhasználása. Ennek köszönhető, hogy hazánknak 2014-ben 28,1%-os függőségi értéke volt a szilárd tüzelőanyag tekintetében. Szlovákia függőségében jelentős szerepet játszik a fosszilis energiahordozók hiánya, így jellemzően a legnagyobb függőségi értékekkel rendelkezik a négy ország közül. Így például 2014-ben a szilárd tüzelőanyag szükségletének 83,2%-át importból fedezte.

Ezen energiahordozó-függőséget tekintve a visegrádi országok mindegyikében – különböző mértékben ugyan – növekedés figyelhető meg. Magyarországnál megjegyezhető, hogy a bányabezárások miatt a 2004-2007 közötti időszakban meghaladta a 40%-os függőségi értéket, majd a széntüzelésű erőművek leállítása folytán a tüzelőanyag-igény csökkenése révén a függőség mértéke újra 40% alatti értékeket vett fel.

A legnagyobb függőségi értékek a **kőolaj és származékainak** importjánál láthatóak, mivel a négy ország egyike sem rendelkezik jelentős kőolaj vagyonnal. Átlagban Lengyelország 96,6%-os, Csehország 96,1%-os, Szlovákia 90,9%-os illetve Magyarország 79,2%-os függőségi értékűek, amelyek hazánk kivételével, meghaladják az uniós (82,3%-os) átlagot. A kőolaj és származékok függőségének trend alakulása szerint Lengyelország nagyobb, míg Szlovákia kisebb mértékben tudta csökkenteni ez irányú függőségét. Ezzel szemben Csehország kevésbé, míg Magyarország nagyobb mértékben növelte függőségét.

A **földgáz** függőségek jellemzően az előző két energiahordozó közötti értékeket mutatnak uniós szinten. Közel teljes földgázszükségletét importból fedezi Szlovákia (98,8%) és Csehország (97,7%). Valamelyest kedvezőbb Magyarország függőségi értéke az előbbi két országnál, viszont a 79,6%-os átlagérték is magasnak tekinthető, különösen annak fényében, hogy – az EU-hoz hasonlóan – Magyarországnak is jelentősen koncentrált az importja, ennek okán pedig az energetikai, gazdasági mozgástere. Az egyik legfőbb probléma, hogy nincs megfelelő alternatíva a földgáz beszerzéséhez és szállításához, ugyanis földgázigényünk ellátója elsősorban Oroszország, míg a fő szállítási útvonal Ukrajnán keresztül húzódik. Az ebből származó legfőbb problémák közismerten az orosz-ukrán konfliktusok révén adódnak, amelyek jelentős problémákat okozhatnak hazánkban. Ilyen eseménynek tekinthető például a 2006-os vagy a 2009-es orosz-ukrán gázvita, vagy a jelenlegi területi konfliktus is. Ezek megoldására számos próbálkozás, terv készült, de ezek

mindaddig nem váltak valóra, ráadásul egyes elképzelések a különböző politikai érdekek miatt nem is fognak megvalósulni (KM, 2011). A visegrádi országok közül a legjobb helyzetben Lengyelország van, hiszen „csak” 69,8%-os a függősége, ami még mindig magasabb, mint az uniós átlag.

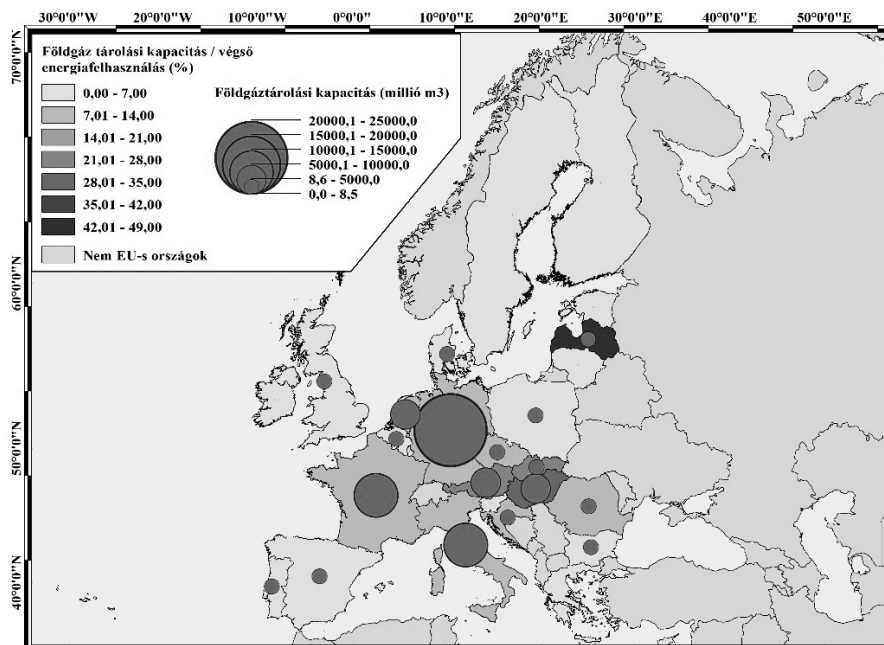
A függőség trend alakulása alapján csak Csehországnál figyelhető meg csökkenő tendencia, a másik három országnál pedig növekvő függőségi értékek jellemzőek. Ennek oka egyértelműen a beszerzés mennyiségének növekedése, ami nem feltétlenül a saját fogyasztás növekedésének a következménye, sokkal inkább magyarázható a betárolt készletek növekedésével.

### ***Földgáztárolás***

Az energiahordozók tárolására – jelen esetben a **földgáztárolásra** – úgyis tekinthetünk, mint az energiakitettséget mérséklő egyik fontos tényező. A Gas Infrastructure Europe (GIE) adatai alapján 2015-ben a legnagyobb földgáztárolási kapacitással Németország, Olaszország és Franciaország rendelkezett, de Magyarországnak is az 5. legnagyobb tárolási kapacitása van az Európai Unióban. Az 1000 főre vetített értéke alapján hazánk ebben a rangsorban a 3. helyen található, továbbá pedig Szlovákia a 4., Csehország az 5. „előkelő” pozícióban, míg Lengyelország a 14. az uniós tagállamok közül. A szükséges adatsorok átváltása után megvizsgáltam, hogy az államok az éves (összes végső) energiafelhasználásuk hány százalékát lennének képesek biztosítani a teljes földgáztárolási kapacitásukkal. A visegrádi négyek közül Magyarország helyzete a legjobb, hiszen végső energiafogyasztásának több mint harmadát tudja letárolni. A tárolási mennyiségek nagyságát elsődlegesen a biztonsági készletezésről szóló törvényekben foglaltak határozzák meg, de a piaci tárolási igények is fontos tényezők. Szlovákia ezen értékei is jónak mondhatóak, mivel a fogyasztásuk közel negyedével megegyező tárolási kapacitásuk van. Csehország esetében 11-12%-át, míg Lengyelországnak csak 3%-át tudják betárolni a végső energiafogyasztásuknak (3. ábra).

### **Összegzés**

A visegrádi országok helyzetéről elmondható, hogy az Lengyelország és Csehország (össz)energiafüggősége kedvezőnek tekinthető az uniós átlaghoz viszonyítva is. Magyarország és Szlovákia energiafüggősége már jóval magasabb az előző két országénál, amivel már az uniós átlagértéket is kis mértékben meghaladják ugyan, de még így sem tekinthetőek nagyon magas energiafüggőségű országoknak. Ezt a képet viszont árnyalja az energiahordozókra vetített függőség. Az energiafüggőség alakulását javítja, hogy Lengyelország, Csehország és Magyarország rendelkezik kitermelhető kőszén készletekkel, szemben Szlovákiával. Ugyanakkor mind a négy ország számára kedvezőtlen, hogy nem rendelkeznek elegendő szénhidrogén vagyonnal. A szénhidrogénimport kitettségét mérséklő tényezőnek nevezhetjük az energiahordozók tárolását. Ezen országok energetikai törekvései jól látszódnak



3. ábra A földgáztárolási kapacitás és a végső energiafelhasználás aránya

a földgáztárolási adatokban, hiszen különösen Magyarország és Szlovákia esetén figyelhető meg, hogy a lakosságszámhoz, valamint a végső energiafogyasztáshoz viszonyított földgáztárolási kapacitásuk igen jelentős, ezzel növelve az energetikai mozgásterüket, valamint potenciálisan mérsékelve az energiafüggőségük kedvezőtlen következményeit, hatásait.

## Felhasznált irodalom

BORA, GY.–KOROMPAI, A. (2001): A természeti erőforrások gazdaságtana és földrajza. Aula Kiadó, Budapest, pp. 15–133, 209–214.

KOCIS, K.–TINER, T. (2009): Geopolitics of pipelines and Eastern Europe withes pecial regard to Hungary. Hungarian Geographical Bulletin, Vol. 58. No 1. pp. 49–67.

KM (2011): Európai Tükör. Külügyminisztérium, XVI. évfolyam, 4., 104 p.

## Internetes források és jogszabályok:

<https://www.ksh.hu/>

<http://ec.europa.eu/eurostat>

<http://www.gie.eu/>

A földgáz biztonsági készletezéséről szóló 2006. évi XXVI. törvény

A behozott kőolaj és kőolajtermékek biztonsági készletezéséről szóló 2013. évi XXIII. törvény

# Egy általános célú szabad forrású Web GIS lehetőségei

Farkas Gábor

PhD hallgató, PTE Természettudományi Kar, Földtudományok Doktori Iskola,  
randal73@gamma.ttk.pte.hu

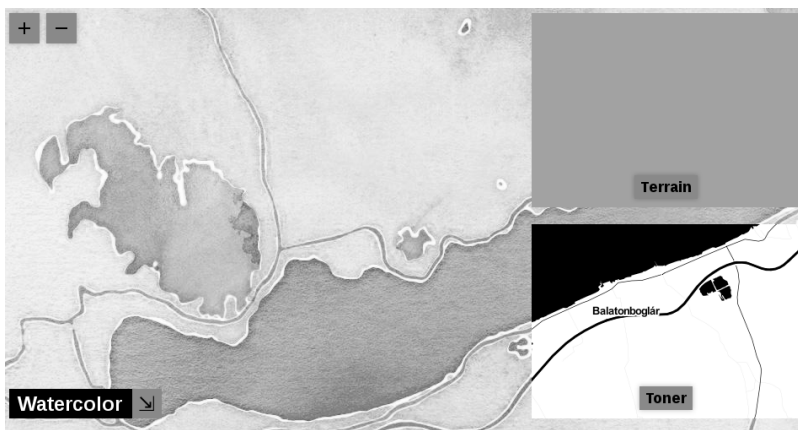
**Abstract:** Traditionally Web 2.0 web mapping applications and Web GIS software are coming from the same origin: the web mapping revolution in 2005. Since then, with the rapid development of technology, those concepts parted from each other, and a heterogenous mass of applications came into existence. Now, it is quite difficult to interpret the resulting sea of software, frameworks, and libraries. The aim of this paper is to methodize the most popular Web GIS applications, and libraries capable of being a basis of one in a clear manner.

## Bevezetés

A geoinformatika az informatika többi szegmenséhez hasonlóan egy olyan tudományos aspektusokkal is bíró interdiszciplináris ágazat, mely szoros lépést tart a technológia fejlődésével. Nem kivétel ez alól az Internet 1990-es évek elején történt betörése a civil- és így a tudományos szférába (LEINER, B. M. ET AL. 1997), és annak későbbi fejlődése. Az internetes geoinformatika így tulajdonképpen egy idős az Internettel, a legkorábbi ilyen alkalmazás, a Xerox PARC Map Viewer 1993-ban látott napvilágot (HAKLAY, M. ET AL. 2008). Az internetes geoinformatika az alkalmazott technológia fejlettsége alapján két csoportra bontható: a korai, CGI (Common Gateway Interface) alapú Internet GIS-re, és a Web 2.0-n alapuló Web GIS-re, melyben kulcsfontosságú a dinamika, és olyan fogalmakkal társítható, mint a neogeográfia, és a GeoWeb (HAKLAY, M. ET AL. 2008).

Nem elhanyagolható feladat a Web GIS elkülönítése a webes térképészettől, melyek hasonló analógia mentén válnak el egymástól, mint a GIS és a digitális kartográfia. Bár a megkülönböztető stílusjegyek megegyeznek, azoknak a határvonala nem éles. Az internet alapú geoinformatikában azonban feltűnt egy új folyamat, ami könnyebben elkülöníthetővé teszi a két rendszert. Ez a neogeográfia, ami a geográfia egy olyan eszköztára és módszertana, amely a tudományos megközelítést mellőzi (GRAHAM, M. 2010), célja lehet a mindennapi élet megkönnyítése, vagy például a sokszor művészi önkifejezés (*I. ábra*). Ennek a folyamatnak mérföldköve a GNSS rendszerek elterjedése, megfizethetővé válása.

A GPS-el történő közösségi térképezés mintapéldája az OpenStreetMap, melynek adatbázisa 4 évvel az indulása után már 50 000 hozzájárulással büszkélkedhetett (GRAHAM, M. 2010). Az egyes hozzájárulásokkal bevitt adatmennyiség változó, viszont nem alábecsülendő. (ARSANJANI, J. J. ET AL. 2013)



*1. ábra Magyarországi részlet a Stamen fedvényekből*

*Forrás: <http://maps.stamen.com/>*

kutatása alapján 346 vizsgált hozzájárulás összesen 15 350 útszegmenst tartalmazott, melyek – a felvételezések pontosságát rangsorolva – 75%-a kezdőktől származott. A neogeográfia a közösségi térképezésen kívül számos más példája létezik. Ilyenek tipikusan a használt autó- és ingatlan értékesítéssel foglalkozó oldalak fejlett geolokációs szolgáltatásokon alapuló alkalmazásai. Természetesen a neogeográfia nem mindig alkalmas a webes térképészet és a Web GIS elkülönítésére, viszont segítséget adhat abban.

Szerkezetét tekintve minden Web GIS alkalmazás két komponensből áll, ami a webes térképészetet segítő alkalmazásoknál nem mindig van jelen. Ez a két komponens a kliens oldali és a szerver oldali alkalmazás. Ezeknek a súlya a számítógépek és a böngészők fejlődésével egyre inkább eltolódott a kliens oldal felé. Kezdetben a kliens oldal csupán a szervertől kapott képek megjelenítéséről gondoskodott. Ezekben az időkben a kliensek képességétől függően háromféle architektúrát különböztettek meg. Ezek voltak a vastag kliens, a közepes kliens, és a vékony kliens architektúrák (DOYLE, A. 2000). Hátránya ennek a ma is használatos osztályozásnak, hogy valójában csak a megjelenítés módját veszi figyelembe. Amennyiben az alkalmazás csak képeket jelenít meg vékony kliensről, míg ha nyers vektoros adatokat képes a vászonra vinni, vastag kliensről beszélünk. A változást ebben a Google Maps megjelenése által okozott 2005-ös webes geoinformatikai forradalom (SCHÜTZE, E. 2007) hozta meg, mely során robbanásszerűen növekedett a Web GIS rendszerek alapjául szolgáló kliens oldali könyvtárak száma.

Bár a szerver oldali komponensek is nagy átalakuláson, fejlődésen mentek át, a kliens oldali könyvtárak és alkalmazások fejlődése sokkal szembetűnőbb volt. Mára már a böngészők által nyújtott fejlett programozási interfészeknek köszönhetően (például hardveres gyorsítás az OpenGL-re épülő WebGL-en keresztül) ezek a könyvtárak elérték azt a fejlettségi szintet, hogy szinte önálló GIS rendszerként üzemeljenek. Azon felül, hogy a modern Web GIS alkalmazások kliens oldali részei már mind vastag kliensként funkcionálnak, ezeknek jó része kevés

energiabefektetéssel masszív klienssé alakítható, mely a nyers térbeli adatokkal a felhasználó számítógépén képes műveleteket végezni (FARKAS, G. 2016A), a mögöttes szerver nem terhelve.

## **Anyag és módszer**

A Web 2.0-n alapuló webes térképészeti rendszerek és Web GIS alkalmazások fejlődésében igen nagy szerepet játszanak a szabad forrású könyvtárak, és alkalmazások (HAKLAY, M. ET AL. 2008). Ezen jelenség okainak feltárása a tanulmány keretein kívül esik, azonban annak célja egy összetett képet adni az olvasónak a modern szabad forrású Web GIS lehetőségekről. Így a tanulmány a teljesség igénye nélkül összehasonlítja a legnépszerűbb már létező Web GIS alkalmazásokat, és egy ilyen rendszer építésére alkalmas kliens oldali könyvtárakat. Mivel a legtöbb ilyen alkalmazás OSGeo projekt, így elsősorban a tanulmány az OSGeo által támogatott, vagy inkubált (OSGeo 2014) alkalmazásokra koncentrálni.

Fontos választ adni ezen kívül egy, az előző fejezetben felvetett kérdésre. Bár teljes körű választ a tanulmány nem kíván adni arra, hogy mitől lesz egy webes térképészeti alkalmazásból Web GIS, a vizsgálathoz annak egy vitathatatlan fontosságú elemét kiragadja: az adatfeldolgozást. Így a tanulmány a szabad forrású alkalmazások közül azokat veti össze, melyek képesek térbeli adatot feldolgozni.

## **Eredmények**

### ***A tradicionális út: WPS***

A webes alapú geoinformatikára is hatással volt, azonban annak szabad forrású szegletét meghatározta az Open GRASS alapítványból 1994-ben megalakult Open Geospatial Consortium (McKEE, L. 2013). A szervezet számos sikeres szabványa közül az adatfeldolgozás szempontjából egy emelendő ki: a WPS (Web Processing Service) szabvány. A WPS dióhéjban egy interfész, mely egyszerű és komplex számítási műveletek leírására alkalmas (MUELLER, M. 2015) szerver-kliens kommunikáció során.

A WPS implementációt tartalmazó alkalmazásokra jellemző (*1. táblázat*), hogy nem önállóak. Szerveroldali alkalmazások ezek, melyek vagy szerverként is funkcionálnak, vagy a szerverarchitektúrában köztes szoftverként jelennek meg. Így a kliens oldali alkalmazást, ami a feldolgozás eredményét kirajzolja, a fejlesztőnek kell hozzáilleszteni a választott szoftverhez. Közös tulajdonságuk még, hogy az alapértelmezett műveleteken kívül legalább egy programozási nyelven bővíthetők.

A legrobustusabb WPS implementációval is rendelkező alkalmazás a deegree. Ez a csomag egy teljes térképszervert hordoz magában, a WPS csupán apró része a teljes egésznek. Hatalmas előnyként könyvelhető el az a tulajdonsága, mivel a deegree-val létrehozott fejlesztés nem kíván külön térképszervert. Hátránya



1. táblázat A WPS alkalmazások főbb jellemzői

Név	Forrásnyelv	Bővíthetőség*	Beépített műveletek
deegree	Java	-	nincs
52° North WPS	Java	-	van
PyWPS	Python	-	nincs
ZOO-Project	C, Python, JS	Java, PHP	van

\* A forrásnyelven kívül.

is van azonban bőségesen, mivel azon felül, hogy nem tartalmaz alapértelmezett műveleteket, Java nyelven íródott, így futtatásához szükség van servlet-re. Ezen felül komplexitásából adódóan a tanulási görbéje nagyon meredek.

Könnyedebb, azonban szintén nagyon erős alkalmazás az 52° North WPS. A servlet ennél a választásnál is elkerülhetetlen, viszont bőséges mennyiségű alapértelmezett funkcióval rendelkezik, melyek webes felületről adminisztrálhatóak. Ezen felül rendelkezik különféle kiegészítőkkel, melyek telepítésével a szoftver GRASS-hoz, és R-hez, sőt még ArcGIS Server-hez is tud csatlakozni.

Igazán könnyed alternatíva az OSGeo által inkubált PyWPS alkalmazás. Kis mérete és könnyed természete hátrányokkal is jár: csupán GRASS-hoz tud csatlakozni, és minden műveletet a fejlesztőnek kell megírnia.

Végül, de korántsem utolsó sorban a legújabb, és legfiatalosabb fejlesztés a ZOO-Project. Ez az alkalmazás két részből áll, a magja mára már sajnos egyedinek számító módon C-ben íródott. Viszont a másik része, mely a WPS szolgáltatásokat elérhetővé és programozhatóvá teszi programozható Python környezetben, és Node.js rendszeren keresztül JavaScript-el is.

A további nyelveken való bővíthetősége révén egy igazán széles körben használható alkalmazásról van szó. Alapértelmezett funkciókat bőségesen tartalmaz, valamint a GRASS-on kívül GDAL, CGAL, Orfeo Toolbox és SAGA modulokat is képes használni.

### ***Tradicionális, de másképp***

Külön kategóriát testesít meg egy igazán egyedi fejlesztés, melynek fajtájából egyetlen alkalmazás létezik csupán. Ez a teljes körű (funkcionális szerver- és kliens oldali komponensekkel rendelkező) Geomajas. Az alkalmazás – hasonlóan a Web GIS alkalmazások zöméhez – Java nyelven íródott. Különlegessége, hogy bár tartalmaz egy azonnal működő verziót, ahhoz, hogy a fejlesztő kihasználja a képességeit, programozási interfészként kell használnia. Előnye, hogy a szerver és a kliens oldal egy környezetben fejleszthető, így nem kell adaptálni egyiket a másikhoz.

### ***A népszerű rendhagyók***

A rendhagyó kategóriában két résztvevő van, és mind a kettő nagyon sajátos fejlesztés. Jellemző rájuk az OGC szabványok elhagyása, és egyszerűbb implementációk választása. Ezen felül mindkét versenyző teljes körű Web GIS



alkalmazásnak számít, szabadon testreszabható komponensekkel. Végül lényeges közös tulajdonságuk, hogy bár szabad forrásúak, egy szolgáltatás alapú gazdasági modell termékei. A termékek bárki által rendelkezésre bocsájthatóak saját szerveren, azonban készre szabva, máshol nem elérhető szolgáltatásokkal kiegészítve a termékeket fejlesztő cégektől igénybe is vehetőek.

Egyik ilyen rendhagyó alkalmazás a CartoDB. Egyszerű, könnyed, jól átlátható szerkezettel rendelkezik. Kliens oldali komponense a pehelysúlyú Leaflet könyvtár módosított verzióját használja, így JavaScript-el programozható. A szerver oldal nagyrészt szintén JavaScript-ben íródott, azonban Ruby elemeket is tartalmaz. Hatékonysága az egyszerűségében rejlik: egy valamit csinál, de azt nagyszerűen. Csak PostGIS-hez csatlakozhat. Szerveroldali komponense PostGIS táblákból olvassa ki a térbeli adatokat, kliens oldalról pedig PostGIS kompatibilis SQL lekérdezésekkel szűkíthetőek, de akár elemezhetőek is azok. Hátránya az ebből adódó rugalmatlansága mind a bővíthetőséggel, mind a raszteres állományokkal szemben.

A másik versenyző neve Mapbox. Ez a termék moduláris, így több komponensből áll. Rendelkezik fejlesztőkörnyezettel szerver oldalra, kliens oldalra, valamint okostelefonra is. A meglévő szabványokat elkerülve saját szabványokat fektetett le, melyek közül több is (pl. vektor csempék) széles körben elterjedt. Szintén vektoros állományokra fókuszál, viszont azokat egy saját fejlesztésű téradatbázisban tárolja. Különlegessége, hogy két fajta kliens oldali komponenssel is rendelkezik. A hagyományos megjelenítője szintén Leaflet-en alapul. A Mapbox GL JS elnevezésű modern megjelenítője saját fejlesztés, mely vektor csempéket olvas be, és hardveres gyorsítás segítségével valós időben készít belőlük nagy pontosságú megjelenítési modelleket. Elemző képességét szintén egy külön modul segítségével kapja, mely egyaránt futtatható böngészőben, és szerveren is Node.js-en keresztül. Hátrányai közé sorolható, hogy specifikus, főleg saját szabványaival használható.

### ***Masszív kliensek: a jövő?***

A korábban elemzett Web GIS rendszerek között voltak, melyek több súlyt fektettek a kliens oldali komponensre, voltak amik kevesebbet, azonban olyan fejlesztés nem volt, amiben a kliens oldal kapta a nagyobb szerepet. A technológia ezzel szemben fejlődik, az asztali számítógépek egyre erősebbek lesznek, a böngészők pedig egyre többet adnak a fejlesztőknek. A böngészők jelenlegi szintjén, ha már képesek vagyunk végtelenségig optimalizált, több, mint 150 000 sorból álló kliens oldali 3D megjelenítő motort írni (AMATO, M.–RING, K. 2015), miért ne érné meg a felhasználó számítógépét terhelni a kisebb volumenű elemzésekkel a szerver helyett? Így nem kellene nagy teljesítményű klasztereket, akár szerverfarmokat üzemeltetni egy jól működő, sok felhasználót akadálymentesen kiszolgáló GIS szerver üzemeltetéséhez.

Egy ilyen kliens létrehozásához két út van. Össze lehet kapcsolni már meglévő könyvtárakat, vagy ki lehet bővíteni egy igazán alkalmas webes geoinformatikai alkalmazást. Az utóbbit ésszerű választani, amennyiben a cél egy jól optimalizált,

gyors alkalmazás, melynek a memóriálábnyma is a lehető legalacsonyabb. A megfelelő könyvtár kiválasztásához részletes, komplex elemzés szükséges, mely minél több szempontot figyelembe vesz. Ilyen szempontok lehetnek a már implementált GIS funkciók aránya, a könyvtárak komplexitása, vagy a tanulógörbe becsült értéke (FARKAS, G. 2016A).

Ellenkező esetben lehet a már meglévő könyvtárakból építkezni, azokat összekapcsolni egymással. Ehhez annyit kell tudni csupán, melyik könyvtár milyen formátumokban képes olvasni és írni. Könnyedén lehet kliens oldali alkalmazást építeni Leaflet segítségével, mely GeoJSON formátumban képes olvasni és írni. Ehhez nagyszerűen társítható a minimális memóriaigényű Turf könyvtár, ami GeoJSON formátumú vektoros állományokon képes helyben elemzéseket végezni. Ennek a párosításnak hátulütője, hogy a Leaflet DOM alapú térképeket készít, így nagyobb vektoros adatmennyiségek ábrázolására alkalmatlan. Továbbá könnyedségéből kifolyóan rasztereken sem képes műveleteket végrehajtani.

Amennyiben az adott fejlesztésnél komolyabb képességekre van igény (nagy vektoros állományok kezelése, raszteres műveletek, gyors lekérdezések), az OpenLayers 3 könyvtár a célszerű választás. Alapvetően Canvas technológiát alkalmaz, de korlátozottan képes WebGL-es megjelenítések készítésére is. Ezen felül képes bináris szinten hozzáférni a raszteres rétegekhez, így előnézetet készíteni egy raszteres műveletre (FARKAS, G. 2016B). A vektoros műveletek elvégzésére szintén alkalmas lehet a Turf, mivel számos ismert formátuma tartalmazza a GeoJSON-t, alkalmasabb a JSTS, mely képes az OpenLayers 3 natív formátumát olvasni és írni is.

## Felhasznált irodalom

- AMATO, M.–RING, K. (2015): Getting Serious with JavaScript, In Cozzi, P.: WebGL Insights, pp. 49–70.
- ARSANJANI, J. J.–BARRON, C.–BAKILLAH, M.–HELBICH, M. (2013): Assessing the Quality of OpenStreetMap Contributors together with their Contributions, 16th AGILE conference konferencia kiadványa, Leuven, Belgium.
- DOYLE, A. (2000): OpenGIS Web Map Server Interface Implementation Specification Revision 1.0.0., 00-028 számú műszaki jelentés, Open Geospatial Consortium, 33 p.
- FARKAS, G. (2016a): Applicability of open source web mapping libraries for building massive Web GIS clients, megjelenés alatt, 11 p.
- FARKAS, G. (2016b): Mastering OpenLayers 3, Packt Publishing, pp. 171–201.
- Haklay, M.–Singleton, A.–Parker, C. (2008): Web Mapping 2.0: The Neogeography of the GeoWeb, Geography Compass 2(6), pp. 2011–2039.
- GRAHAM, M. (2010): Neogeography and the palimpsests of place: Web 2.0 and the construction of a virtual earth, Tijdschrift voor economische en sociale geografie 101(4), pp. 422–436.
- LEINER, B. M.–CERF, V. G.–CLARK, D. D.–KAHN, R. E.–KLEINROCK, L.–LYNCH, D. C.–POSTEL, J.–ROBERTS, L. G.–WOLFF, S. S. (1997): The past and future history of the

- Internet, Communications of the ACM 40(2), pp. 102–108.
- McKEE, L. (2013): OGC History (detailed), <http://www.opengeospatial.org/ogc/historylong>,  
letöltve: 2016. 03. 31.
- MUELLER, M. (2015): OGC WPS 2.0 Interface Standard, 14-065 számú műszaki jelentés,  
Open Geospatial Consortium, 133 p.
- OSGEO (2014): Incubation process, <http://www.osgeo.org/incubator/process/process.html>,  
letöltve: 2016. 03. 31.
- SCHÜTZE, E. (2007): Current state of technology and potential of Smart Map Browsing in web  
browsers, Bremen University of Applied Sciences, Osnabrück.



# Kommunikációs technikák a robotrajoknál

Gál Zoltán

központvezető, Debreceni Egyetem Szuperszámítógép (HPC) Központ, zgal@unideb.hu

**Abstract:** Robot swarm technology becomes more and more popular in different fields of the everyday services like emergency rescue, object identification, monitoring, transportation of small consignments, etc. The background communication network used is a Wireless Mesh Network (WMN) with Mobile Ad-Hoc Network (MANET) features integrated inside and takes part from the Internet of Things (IoT) technology list. In the paper we present the structure of robot swarm system including communication mechanisms and critical issues for optimal service provisioning. We executed Matlab simulation to give relational rules between the swarm population density, communication distance parameter and the energy consumption for the communication tasks of the whole robot swarm system. We found that the optimum population density is  $\lambda_{OPT} = 0,005 \text{ m}^{-2}$  for the robot swarm system studied with the wireless communication technology used

## Bevezetés

A vezeték nélküli szenzor hálózat (WSN, Wireless Sensor Network) a Tárgyak Intenete (IoT, Internet of Things) egyik technológiai elemeként ismert. A WSN hálózatok egyik speciális alkalmazási területe a rajban működő robotok. A robotrajok (1. ábra) használata ma már egyre szélesebb körben elterjed olyan esetekben, amikor a természeti katasztrófa (árvíz, földrengés, tűz, stb.) idején kell megközelíteni a súlytott területeket.

Könnyen belátható, hogy vis major helyzetben a szokásos szolgáltatások (jármű utak, kommunikációs szolgáltatások, stb.) korlátos vagy teljes mértékű hiánya az életek, illetve értékek mentését nagyon megnehezíti. A robotrajokat fizikai objektumok beazonosítására (keresés, alakzat detektálás, stb.) is előnyösen



1. ábra Robotraj (forrás: WySS Institute, Harvard University)

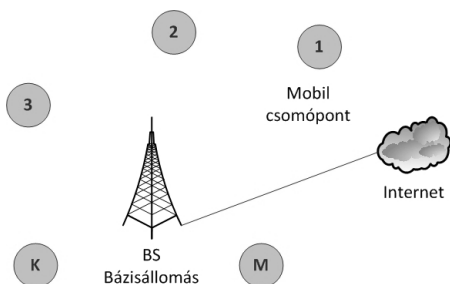
alkalmazni szokták. Ezt a célfeladatot az SAR (Search and Rescue drone) drónok látják el. Általánosságban, a rajban résztvevő sok egyed nagyfokú redundanciát képvisel, ami az élő rajokra jellemző módon a veszteségekre kevésbé érzékeny tulajdonságot eredményez. Így a kellő csoportintelligenciával rendelkező robotraj komoly ellenálló képességgel rendelkezik és nehéz földrajzi terepen is bevethető.

A második fejezetben a robotraj felépítését és működését tekintjük át. A robotraj működésének hatékonyságát befolyásoló tényezőket a harmadik fejezetben mutatjuk be. A negyedik fejezetben a robotraj modellezését és a szimulációs eredményeket ismertetjük. Az összefoglalásban az elemzett témával kapcsolatos lehetséges folytatás irányait adjuk meg.

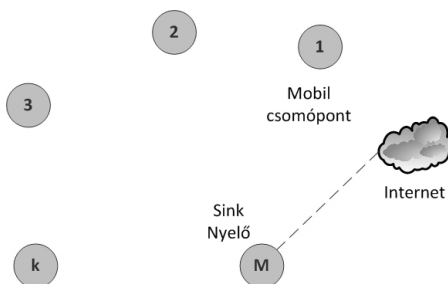
## Robotraj felépítése

A raj elemei azonos szerkezetű robotok, amelyek kiépítettsége a célfeladattól függ. Így beszélhetünk (2D) keréken, illetve (3D) levegőben (MAV, Micro Air Vehicle) elmozdulásra alkalmas egyedeket magába foglaló rajról. A számos szenzorral (pl. hőmérő, giroszkóp, kamera, nyomásmérő, mikrofon, stb.) felszerelt egyed speciális, vezeték nélküli háló típusú hálózat (WMS, Wireless Mesh Network) csomópontjaként működik. Ez eltér az infrastruktúra üzemmódot (2. ábra) elterjedt formában alkalmazó WiFi (Fireless Fidelity, IEEE 802.11), illetve mobiltelefon rendszerek alapértelmezett működési módjától. Ad-hoc üzemmódban a kommunikáció a szomszédos csomópontok között egyenrangúan és közvetlenül történik (3. ábra). A rendelkezésre álló rádiós csatornát időben és fizikai térben megosztott módon használják az egyes csomópontok. Infrastruktúra üzemmódban egy speciális csomópont közvetít a mobil kliensek között, amely tipikusan bázisállomásként működik és az Internethez, valamint a többi bázisállomáshoz huzalos hálózaton keresztül is kapcsolódik.

Centralizált vezérlés esetén a rajban lennie kell egy kiemelt szerepkörrel rendelkező csomópontnak (vezérnek), és lennie kell legalább egy másik tagnak. A vezér szerepkörű csomópont kiválasztása a rajban szavazó algoritmus segítségével történik. Speciális előírás hiányában ez általában a súlypontban elhelyezkedő csomópont. Elosztott vezérlés esetén a raj egyedei azonos mértékben vesznek



2. ábra Vezeték nélküli hálózat infrastruktúra üzemmódja



3. ábra Vezeték nélküli hálózat ad-hoc üzemmódja

részt a közös vezérlésben, így itt nincs szükség külön vezérre. Az Internettel és a raj többi tagjával történő kommunikáció miatt a nyelő (Sink) csomópontnak két interfésze van. Egyikkel az Internethez, másikkal a rajhoz kapcsolódik. Az Internet kapcsolat lehetséges WiFi, vagy ZigBee (IEEE 802.15.4 és 6LoWPAN) vezeték nélküli technológia. Mivel robotrajban a nyelő csomópont is mobil, ennek úgy kell helyezkednie, hogy a rajt és az Internetet is egyidőben elérhesse. A robotraj bármely két tagja kommunikálhat egymás között, ha adott pillanatban a köztük lévő terjedési olyan feltételek, mint a fizikai távolság és a hasznos jel/zaj (S/N, Signal/Noise) viszony elégséges a sikeres kommunikációhoz (GÁL Z. 2014).

Ha a robotraj tagjai között közvetlen vezeték nélküli kapcsolat nem lehetséges, akkor további köztes csomópontok adattovábbító funkciójára is szükség van. Ez alapján a szomszédos robotok periodikus időközönként egymás között értesítéseket küldenek a kapcsolatok minőségéről. Az időbélyeggel ellátott értesítésnek olyan adatokat kell tartalmaznia, mint az egyed GPS koordinátája, akkumulátorában maradt energia mennyisége, illetve saját szomszédok (elsődleges, és/vagy további csomópontok) listája és azokhoz vezető út metrikája. A metrikában az ugrásszám, és a csomagküldési energia nagysága, vagyis a kapcsolat minősége szerepel. Mindegyik egyed a kapott értesítések alapján periodikusan frissíti a saját útválasztási tábláját, figyelembe véve az időbélyegeket is. Útválasztási táblájából a robot a régi értesítések alapján számított rekordokat törli, az új értesítések alapján pedig frissítést végez. A fenti paraméterek alapján a robotraj egy MANET, önszerveződő vezeték nélküli hálózatot képez.

Értelemszerű okok miatt, a rajhoz tartozás biztonsági előírások betartását tesz szükségessé. Nem bármely robot kerülhet be a rajba, mivel az egyedek viselkedése befolyásolja a raj képességeit. Éppen ezért a raj a WMS hálózathoz egy jól definiált partíciót képvisel. A partícióba való belépés és abban történő kommunikáció a megfelelő azonosítási eljárás sikeres lefutása alapján lehetséges. A robotraj hálózatának vezeték nélküli jellegéből adódóan az egyedek közötti üzenetek küldése megfelelő titkosítási módszer segítségével történik (LI ET AL. 2007).

## **Robotraj működésének hatékonysága**

A robotraj működésének fontos aspektusa az egyedek közötti fizikai távolság egyensúlyban tartása. Az ehhez szükséges vezérlési algoritmus két erővel dolgozik. Az egyik taszítja a csomópontokat egymástól, hogy minél nagyobb területet fedjenek le, a másik pedig vonzza a csomópontokat, hogy minél több és stabilabb kommunikációs kapcsolat létezzen az egyedek között (LI ET AL. 2008). Természetesen van lehetőség egyedi csomópontok adott irányba történő közvetlen elmozdítására, illetve ezen erők nagyságának szabályozására is az egységnyi területre jutó robotok számának, azaz sűrűségének módosítása által. A kommunikációs kapcsolatok számának módosítása is befolyásolja a robotraj egyensúlyi állapotának kialakítását. E két erő kiegyenlítése jelenti a raj egyensúlyi állapotának feltételét:



$$F_{\text{toló}} = F_1(\sum \|\mathbf{R}_i\|, M, C_t) \quad (1)$$

$$F_{\text{vonzó}} = F_2(\|\mathbf{R}_1\|, \|\mathbf{R}_2\|, \dots, \|\mathbf{R}_M\|, C_v) \quad (2)$$

$$F_{\text{toló}} = F_{\text{vonzó}} \quad (3)$$

ahol  $\|\mathbf{R}_i\|$  a raj  $G$  súlypontja és az  $N_i$ -edik egyed ( $i = 1, \dots, M$ ) közötti vektor hossza,  $M$  a populáció számossága, míg  $C_t, C_v$  vezérlő paraméterek.

Az egyedek mozgásának vezérlése történhet kívülről egy szerver által, de lehetséges a raj csoportintelligenciája által is. Az egyedek egymás közötti távolságának meghatározásához GPS koordináták vagy egymás megfigyeléséből származó közvetlen videó jelek használhatók fel. Nagyobb pontossághoz mindkét módszer egyidejű bevetése szükséges. A robotok processzási képességétől függően a raj csoportintelligenciáját az egyedeken futó, párhuzamos algoritmus is megvalósíthatja.

A rajparticionálás visszaállítása egy olyan tevékenység, amely a földrajzi terepviszonyok miatt a részhalmazokra darabolódása, esetleg egyes egyedek kívülről történő megtámadása után robotraj rendszert konzisztens állapotba viszi vissza. Ennek érdekében ilyen helyzetben a csomópontban rögzített historikus ismeretek alapján a veszélyeztetett egyedek megpróbálnak a régebbi szomszédokkal kapcsolatba kerülni (TAN, Y.–ZHENG, Z. 2013).

Kiemelten energiahatékony raj vezérlése esetén az egyes csomópontok véges energiaforrásának lehető leghosszabb ideig történő konzerválása a cél. Enner érdekében az algoritmusnak nem csak a kommunikációhoz, hanem a fizikai elmozduláshoz felhasznált energiát is minimalizálnia kell. A robotraj adott feladatra történő bevetésekor a célfeladat és a megfigyelt fizikai terület nagyságát is figyelembe kell venni, mivel az egyedek közötti kommunikációs hatótávolság, illetve a fogyasztott energia miatt meg kell határozni a szükséges csomópontok optimális számát is.

Megfigyelés során az egyedek egymással is kommunikálnak a célobjektum beazonosítása érdekében. Az azonosításban résztvevő robot egyedek mindegyike korlátozott információt gyűjt az objektumról. Ezt közzé kell adniuk, hogy a magasabb szintű csoportintelligencia alapján a szükséges döntés meghozatala megtörténhessen (PROROK ET AL. 2016).

A vezérlő jelek időbeni kézbesítése és a megfigyelt területről mintavételezett valós idejű adatok (pl. videó) földi, rögzített szerverhez történő továbbítása szükségessé teszi QoS (Quality of Service) kommunikációs garanciák teljesítését a WMN hálózatban (LI ET AL. 2007). A WMN hálózatoknál többcsatornás vagy több rádiós technológiával valósítják meg a háló topológiájú rendszert. E csatornák a zaj és egyéb interferencia jelenségek miatt korlátozott minőséggel képesek működni. A rádiós keretek késleltetési idejének, bithibaarányának, valamint dzsitternek az értéke az ad-hoc hálózatban alkalmazott útválasztási protokoll jellemzőitől függ. Éppen ezért magas prioritású feladatként jelenik meg robotraj hálózatban a routing intelligenciája. Az útválasztási algoritmus intelligenciájának megalkotásánál fontos

szempont az egyedek elektromos energia forrásának korlátos mértéke. Sok routing update üzenettel dolgozó, bonyolult algoritmus sok energiát fogyaszt az egyedtől és a rajtól. A mozgáshoz használható energia maximalizálása érdekében a kommunikáció és a processzási tevékenységeket is minimális szintre kell csökkenteni (LI ET AL. 2008).

## Robotraj kommunikációjának modellezése és szimulációja

Mivel a kommunikációhoz használt elektromos teljesítmény a távolsággal négyzetesen arányosan nő, a raj által monitorozott terület nagysága, a monitorozási idő és a robotraj populáció nagysága ( $M$ ) között összefüggés létezik (4. ábra).

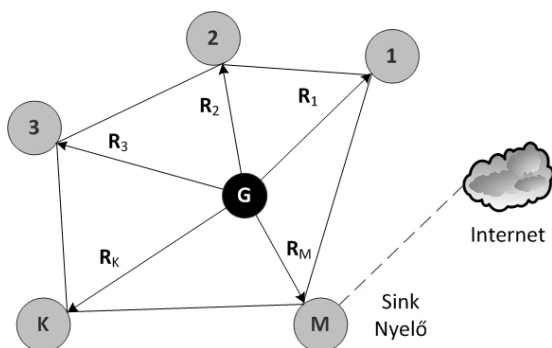
Feltételezzük, hogy  $A$  területen  $M$  csomópont helyezkedik el, akkor a populáció  $\lambda$ , átlagos sűrűsége az alábbi:

$$\lambda = M / A = K / (\pi \cdot R^2) \quad (4)$$

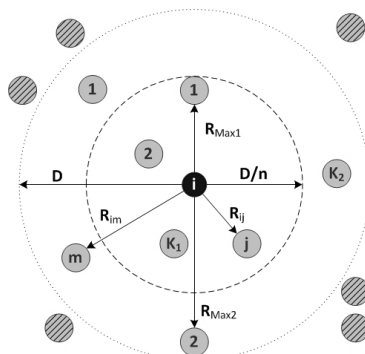
ahol  $K$  az adott egyedtől a közvetlenül elérhető csomópontok száma,  $R$  pedig a szomszédsági környezet sugara. A rádiós csatorna osztott kommunikációs közeg jellege miatt küldéskor az egyetlen példányban továbbított üzenet több szomszédhoz is eljut. A továbbiakban vízszintes síkban mozognak feltételezzük a raj csomópontjait. Egyenletes eloszlás mellett a távolság négyzetével fordítottan arányos energiacsökkenés mellett minden egyes csomópont átlagosan  $K$  darab ( $K \leq M$ ) másik csomóponttal képes kommunikálni. Ezek a szomszédok az alkalmazott rádiós technológiától függő,  $D$  kritikus hatótávolságon belül vannak. Ha két csomópont közötti távolság  $D$  értéknél nagyobb, akkor nem érzékeli egymást (lásd 5. ábra, csikozott csomópontok). Egymástól  $R$  ( $R \leq D$ ) távolságra lévő egyetlen forrás-cél csomópontpár között egy üzenet küldéséhez

$$E(R) = E_0 \cdot f(R) \quad (5)$$

energia szükséges, ahol  $E_0 = P_0 \cdot T$  egy üzenet  $D/n$  távolságra ( $n > 1$ ) küldéséhez



4. ábra Robotraj reprezentálása vízszintes síkban



5. ábra Szomszédos egyedek zónánkénti elhelyezkedése

szükséges rádiós energia,  $P_0$  pedig az ennek megfelelő rádiós teljesítmény.  $D$  és  $n$  a rádiós technológia paraméterei. Az  $f(R)$  függvény alakja az alábbi:

$$f(R) = 1, \quad \text{ha } R \in (0, D/n] \quad (6)$$

$$f(R) = n^2 \cdot (R/D)^2, \quad \text{ha } R \in (D/n, D] \quad (7)$$

Rádiós csatornán a küldéshez és a vétellezéshez is energiára van szükség, aminek értéke  $E_{Tx}$ , illetve  $E_{Rx}$ . Küldésnél a közeg osztott jellege miatt a környezetben lévő  $K$  csomópont mindegyike vételezi az üzenetet.  $K$  darab szomszéd által egymás után elküldött üzenetét egyenként kell fogadni. Így a raj által  $T$  időtartam alatt a küldésekhez, illetve vétellezésekhez fogyasztott energiák, illetve  $E$  összenergia levezetése az 1. táblázatban látható.

A szimulációt Matlab programozási környezetben végeztük, amelynél felhasznált paramétereket a 2. táblázat mutatja.

Alacsony sűrűségű populáció esetén a távolságok miatt a szükséges kommunikációs energia magas értékét váránk. Ezzel ellentétben az alacsony csomópontszám miatt raj szinten ez az energia kicsi úgy a  $K_1$ , mint a  $K_2$  tartományban (6. ábra és 7. ábra).

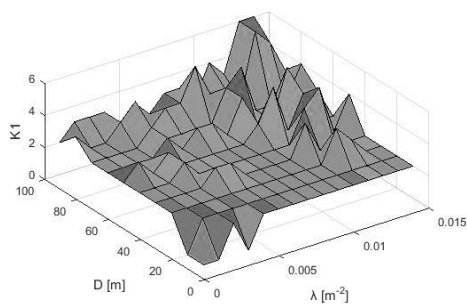
A robotraj által a egységnyi területen a kommunikációhoz használt viszonylagos energiasűrűség mennyiségét a 8. ábra szemlélteti. A sűrűség növelésével csökken

1. táblázat Robotraj kommunikációjának energiája

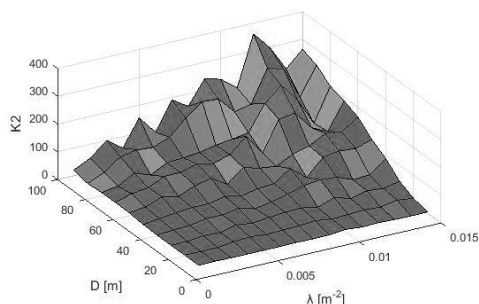
Jellemző	$T_x$	$R_x$
Egyetlen csomópont szomszédainak száma, ha $R_{Max} \in [0, D/n]$	$K_1 = \text{Round} \{ \lambda \cdot \pi \cdot (R_{Max})^2 \}$	
Egyetlen csomópont által forgalmazott energia, ha $R_{Max} \in [0, D/n]$	$E_{Tx1} = \text{Min} \{ K_1, 1 \} \cdot E_0$	$E_{Rx1} = K_1 \cdot E_0$
Egyetlen csomópont szomszédainak száma, ha $R_{Max} \in (D/n, D]$	$K_2 = \text{Round} \{ \lambda \cdot \pi \cdot (R_{Max})^2 - K_1 \}$	
Egyetlen csomópont által forgalmazott energia, ha $R_{Max} \in (D/n, D]$	$E_{Tx2} = \text{Min} \{ K_2, 1 \} \cdot E_0$	$E_{Rx2} = K_2 \cdot E_0$
Populáció forgalmazott energiája	$E_{Tx} = \sum^k (E_{Tx1} + E_{Tx2})$	$E_{Rx} = \sum^k (E_{Rx1} + E_{Rx2})$
Populáció összenergiája	$E = \sum^j (E_{Tx} + E_{Rx}), \quad i, j = 1, \dots, M$	

2. táblázat Robotraj kommunikációjának szimulációs paraméterei

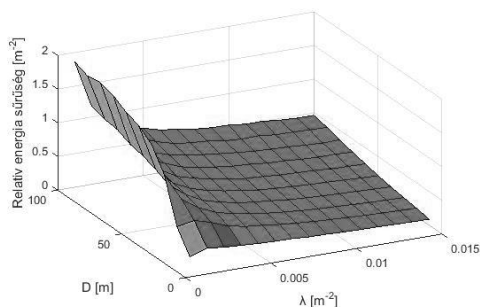
Paraméter	Érték
Megfigyelt terület hosszúsága [m]	300
Megfigyelt terület szélessége [m]	200
Rádiós hatótávolság, $D$ [m]	10 ... 100
Rádiós paraméter, $n$ []	10
Populáció sűrűsége, $\lambda$ [m <sup>-2</sup> ]	0,001 ... 0,015 ( $M = 60 \dots 900$ )



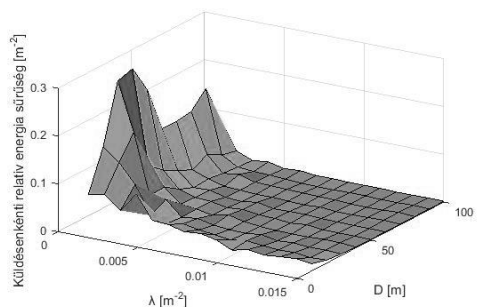
6. ábra Robotraj kommunikációja  $K_1$  tartományban



7. ábra Robotraj kommunikációja  $K_2$  tartományban



8. ábra Robotraj kommunikációjának relatív energiaigénye (teljes)



9. ábra Robotraj kommunikációjának relatív energiaigénye (üzenetenként)

a robotok közötti távolság, így csökken egyetlen üzenet elküldésének energiája is. Ugyanakkor a sok robot együttesen megnöveli a raj által fogyasztott kommunikációs energia összértékét (8. ábra). Emiatt az energia a populáció sűrűséggel is és a hatótávolsággal is hatványfüggvény szerint nő. Bizonyos sűrűség felett a gyakorlatban a WMN hálózatban torlódás alakulhat ki az intenzív forgalom miatt. A 9. ábra alapján megállapítható, hogy a robotraj bizonyos sűrűsége felett ( $\lambda > 0,005 \text{ m}^{-2}$ ) a D és D/10 jellemzőkkel rendelkező kommunikációs technológia üzenetenkénti fogyasztott energiája ugrásszerűen megnő, ezért ennél a rendszernél a populáció optimális sűrűsége  $\lambda_{\text{OPT}} = 0,005 \text{ m}^{-2}$ .

## Összefoglalás

A cikkben áttekintettük a robotraj felépítését, működési mechanizmusait, kommunikációs algoritmusait. Elemeztük a robotraj kommunikációhoz szükséges energia mennyiségét, megállapítást tettünk a populáció sűrűsége és a rádiós technológia jellemzője közötti összefüggésre. A javasolt modell bővíthető a jel/zaj viszonyok figyelembe vételével. További olyan elemzések elvégzése lehetséges, ahol a robotok területi eloszlása a normálistól eltérő, illetve ahol a rádiós technológia n paramétere is változik. Ez a gyakorlatban előfordulhat, amikor biztonsági vagy

más okok miatt a raj egyedei a rendszer súlypontja köré az átlagostól nagyobb, vagy kisebb sűrűséggel tömörülnek.

## **Felhasznált irodalom**

- PROROK, A.–HSIEH, M. A.–KUMAR, V. (2016): Adaptive distribution of a swarm of heterogeneous robots, *Journal of Advanced Engineering*, DOI: 10.14311/APP.2016.56.0067, Vol. 56, No. 1.
- GÁL Z. (2014): Waggle Dance Based Routing in Wireless Sensor Networks, Szám Okt 2014 Nemzetközi Számítástechnikai és Oktatási Konferencia-kiadvány, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), Székelyudvarhely, 9–12 October 2014, ISSN 1842–4546, pp. 152–159.
- LI, M.–ALVAREZ, A.–DE PELLEGRINI, F.–PRABHAKARAN, B.–CHLAMTAC, I. (2007): ROBOTRAK: a centralized real-time monitoring, control, and coordination system for robot swarms, 1st International ICST Conference on Robot Communication and Coordination (ROBOCOMM 2007), doi 10.4108/IST.ROBOCOMM2007.2171, Athens, Greece, October 15–17, 2007.
- LI, M.–LU, K.–ZHU, H.–CHEN, M.–MAO, S.–PRABHAKARA B. (2008): Robot swarm communication networks: Architectures, protocols, and applications, Third International Conference on Communications and Networking in China, 2008. ChinaCom 2008. pp. 162–166.
- TAN, Y.–ZHENG, Z. (2013): Research Advance in Swarm Robotics, Elsevier, Defence Technology, Volume 9, Issue 1, March 2013, pp. 18–39.

# Belvíz érzékenység vizsgálata radar adatok alapján

Gálya Bernadett<sup>1</sup> – Riczu Péter<sup>2</sup> – Blaskó Lajos<sup>2</sup> – Tamás János<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, DE-MÉK Víz-és környezetgazdálkodási Intézet, bernadett.galya@agr.unideb.hu

<sup>2</sup> tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, riczu@agr.unideb.hu

<sup>3</sup> egyetemi tanár, DE-MÉK Víz-és környezetgazdálkodási Intézet, blasko@agr.unideb.hu

<sup>4</sup> intézetvezető, egyetemi tanár, DE-MÉK Víz-és környezetgazdálkodási Intézet, tamas@agr.unideb.hu

**Abstract:** The Carpathian Basin (including Hungary) is characterized by various hydrological extremes, both in space and time. One of these hydrological extreme is inland water, which can become more frequent in the future, especially in the lowland regions and can cause damages in agricultural production. Monitoring of the risk of inland water is a complex water management problem, however evaluating radar data could be a good solution for this, because it can provide accurate, timely and easily accessible information to improve the management of the environment, including water management. The aim of this research was to evaluate Sentinel 1 radar data to monitor inland water inundation in our sample area. During our research, monthly radar data processing was made in the year of 2015 to examine the flooded parts in the near area of Lake Tisza.

## Bevezetés

A klímaváltozás súlyosan károsíthatja a természeti környezetet, a természeti erőforrásokat (TAMÁS, 2013), mivel ennek következtében a térben és időben egyaránt nagyon változó vízháztartási szélsőségek jellemzőek a Kárpát-medencei alföldekre, amelyek a jövőben egyre gyakoribbak lehetnek (VÁRALLYAY, 2008). Magyarországon a természeti katasztrófák által okozott károk kb. 40%-át a vizek többletéből eredőek teszik ki.

A belvíz sajátos vízgazdálkodási jelenség, azonosítására, számos fogalom ismert. Kialakulását elsősorban meteorológiai, domborzati és talajtani viszonyok határozzák meg. A belvízképződés olyan összetett folyamat, hogy a jelenlegi ismereteink, adataink, és eszközeink nem teszik lehetővé a 2–5 napnál hosszabb idejű előrejelzést. Az ellenük való védekezés nagy kiterjedésű, összefüggő területeken történik, ezért nehéz az erre való felkészülés. Az eredményes beavatkozás így a prevenció irányába mutat.

A fentiek alapján a belvizek kártételei elleni védelem hatékonyságának növelésére egy jó eszköz lenne a belvízveszélyes környezeti állapotok jelzése (pl. kockázati térképezéssel), a várható meteorológiai helyzet alapján pedig veszély-jelzés (figyelmeztetés, riasztás). Ennek megvalósítása azonban nagyszámú adat beszerzését, a meglévőkhöz való ingyenes hozzáférést, feldolgozást és az eredmények

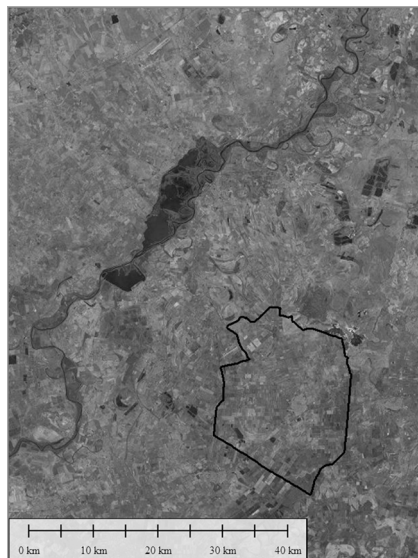
mindenki számára történő elérhetőségét, megismerését feltételezi. Ez ma még nem áll rendelkezésre (I1), azonban egyik lehetséges megoldás lehet a belvízi jelenségek nyomon követésére illetve előfordulási kockázatának jellemzésére a radar felvételek kiértékelése.

A radar alkalmazásának egyik legkorszerűbb módja a (műhold)radar interferometria. Ezzel a módszerrel a földfelszín egészen kis nagyságrendű (akár milliméteres) változásai, függőleges irányú elmozdulásai is érzékelhetők. Nagy területre kiterjedő vizsgálatokat is lehetővé tesz, a Föld bármely részén alkalmazható, költség- és időhatékony (nem igényel terepi munkát). Kiválóan alkalmazhatók természeti katasztrófák előrejelzésében is. Az apertúraszintézisű radarinterferometria a komplex adatokban (amplitúdó és fázis) tárolt fázisinformációkat használja fel mozgásdetektálásra. A módszer két vagy több radarfelvétel pontjai közötti fázisdifferencia okozta interferenciát állítja elő. Ezzel rendkívül nagy felbontásban (akár 500–1000 pont/km<sup>2</sup>) és pontossággal (0,1-0,2 mm/év) lehet függőleges sebességet meghatározni és leképezni a földfelszín változásait (I2).

Jelen tanulmányban a célunk volt az ESA Sentinel 1 műholdak radar felvételek alkalmazhatóságának kiértékelése a belvízzel veszélyeztetett területeken, amely a GMES (Global Monitoring for Environment and Security) program keretében térben és időben pontos, könnyen hozzáférhető információkat biztosít a klímaváltozás hatásainak megértésében és csökkentésében.

## Anyag és módszer

A kutatásunk során mintaterületként jelöltük ki a Tisza-tavat és annak környékét (beleértve a Szolnok-Túri sík belvízöblözetet), amely az 1. ábrán látható.



1. ábra A kutatás során vizsgált mintaterület



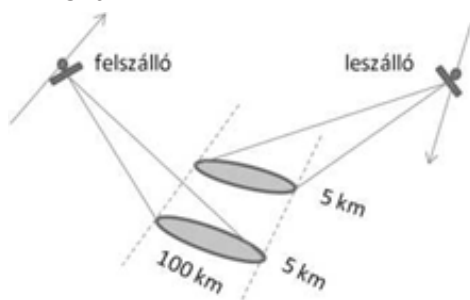
A területől készült radar adatokat az ESA honlapjáról töltöttük le (<https://scihub.copernicus.eu/>). A Sentinel-1 egy sark körüli pályán keringő, az InSAR küldetések folytatására készülő műhold C-sávú, a GMES felhasználói szolgáltatásokhoz bármely időjárási körülmény között, éjjel-nappal működő és folyamatosan adatokat szolgáltató műholdradar képalkotó rendszer. (GEUDTNER ET. AL, 2014).

A műholdak egy 10 m x 1 m nagyságú antennát hordoznak, amelyek a haladás irányához viszonyítva keletre néznek, és a nadírhoz viszonyítva 20–23 fok alatt (ferdén) világítják meg a földfelszínt. A földfelszín feletti magassága a Sentinel-1 esetében 693 km, visszatérési ideje 35 nap. A vizsgálatoknál le- és felszálló irányú felvételek is felhasználhatók. Az antenna által egy adott pillanatban megvilágított közel ellipszis alakú terület 100 km és 5 km átmérővel jellemezhető (2. ábra).

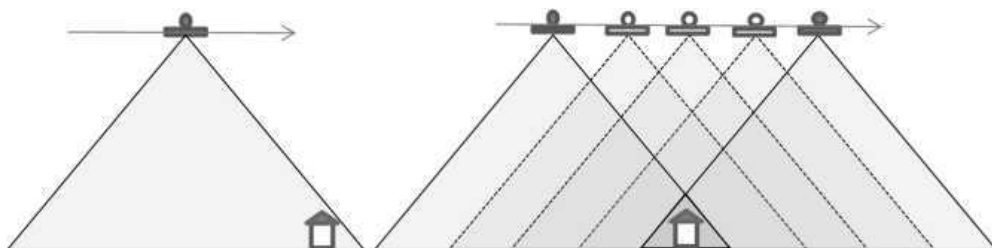
Az egyszeri megvilágítás azonban gyenge visszaverődést eredményez. Ha azonban a műhold mozgása során a visszaverődő jeleket folyamatosan integrálják (Fraunhofer diffrakció), a 10 m hosszú antenna gyakorlatilag megtöbbszörözhető, ezért nevezik szintetikus apertúrájú radarnak, ami jelentősen megnöveli a visszavert jel intenzitását (3. ábra) (BÁNYAI, 2014).

A hátrányaként azonban elmondható, hogy a Sentinel 1 felvételek passzív távérzékelési eszközök közé tartozik, így a feldolgozása is nehezebb, mint az aktív eszközök esetén.

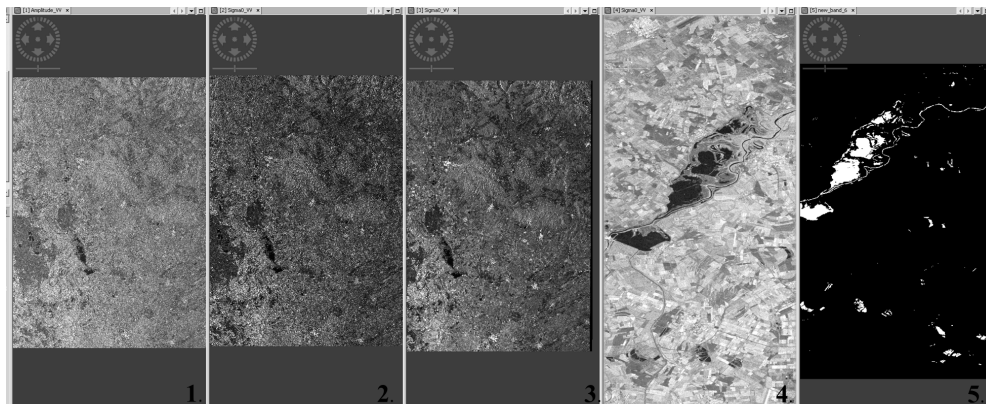
A kutatásunk során a radar felvételeket az ESA Sentinel Application Platform (SNAP) 2.0 szoftverkörnyezetben dolgoztuk fel. A feldolgozás lépései a 4. ábrán láthatóak. A program támogatja az összes főbb SAR adatformátumot, így a letöltött



2. ábra A felszálló és leszálló irányú műhold átvonulás egy időpillanatban besugárzott területe a megfigyelési sávban



3. ábra A szintetikus apertúra radar elve: a haladás mentén folyamatosan integrált jel megnöveli a felbontást



4. ábra A feldolgozás lépései

tömörített állományokat .zip fájlként tudtuk megnyitni. Minden polarizáció 2 sávban van rögzítve (amplitúdó és intenzitás). A kutatás során az amplitúdó értékeket dolgoztuk fel (4. ábra/1). Az előfeldolgozás első lépéseként a felvétel radiometria kalibrálását végeztük el, amelyben kiválasztottuk a feldolgozni kívánt polarizációt (VV), amely eredményeképpen megkaptuk a Sigma0\_VV csatornát (4. ábra/2), majd erre végeztünk el egy szűrést (single product speckle filtering) (4. ábra/3). Ezt követte egy geometriai korrekció (range doppler terrain correction) (4. ábra/4). Végezetül a binarizációt végeztük el, amely során a vizeket és a vízzel nem borított szárazföldi területeket különválogattuk a csatorna hisztogramja alapján (4. ábra/5).

A hisztogramban a visszaverődés együththató látható logaritmikus megjelenítésben. Az alacsony értékek megfelelnek a víznek, míg a magas értékek mutatják a nem vizes területeket. A hisztogram alapján kiválasztottunk egy küszöbértéket, aminek a segítségével el tudtuk különíteni ezeket egymástól. A mi esetünkben ez a határérték  $2.21E-2$  volt.

A szegmentálás során Band Math művelettel az alábbi összefüggést alkalmaztuk:

$$255 * (\text{Sigma0\_VV} < 2.21E-2)$$

A kifejezés Sigma0\_VV  $< 2.21E-2$  logikai értéként fog szerepelni. A  $2.21E-2$ -nél kisebb érték lesz az igaz (vagyis 1-es érték), míg az ennél nagyobb értékek hamisak lesznek (vagyis 0-s értéket kapnak). Így elkülönítettük egymástól a vizes és nem vizes területeket.

A vizsgálat során feldolgozott radar felvételek eredményeit kiegészítettünk a Tisza vízjárási adataival, a (KÖTIVIZIG) Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Felügyelőség 2015. évi hidrológiai jelentése alapján. Az 5. ábra alapján látható, hogy hogyan alakult a vízállás a Kisköre felső és alsó vízmércén, amely adatokat összevetettünk az általunk kiértékelte radar adatok eredményeivel.

A feldolgozás során a radar felvételeket kimentettük .kmz formátumba, majd



5. ábra Vízállás grafikonok a Kisköre alsó-, és a felső vízmércén 2015-ben (I4)

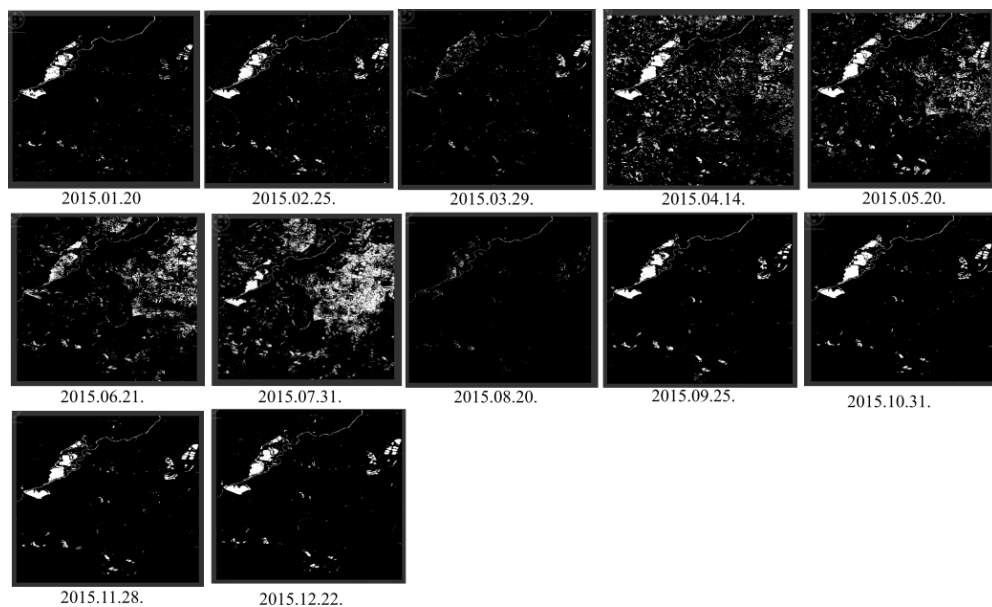
pedig ezeket a fájlokat megjelenítettük a Global Mapper szoftverkönyezetben, és a Corine Land Cover 2006 alapján azonosítottuk be a vizes területek megjelenési helyeit.

## Eredmények

A vizsgálat első lépéseként a mintaterületünkön elkülönítettük egymástól a vízzel borított területeket és vízzel nem borított szárazföldi területeket ahol a fehér szín jelöli a vízzel állandóan és időszakosan borított területeket, a fekete pedig a vízzel nem borított szárazföldi területeket (6. ábra).

A felvételek kiértékeléséhez elemeztük a Tisza vízjárási adatait, amely alapján elmondható, hogy januárban a nagyobb mennyiségű csapadék volt jellemző, így a tó feltöltött állapotban van volt. Februárban egy kisebb áradás kezdődött, ami miatt szintén feltöltött állapotban volt a tó. Azonban márciusban, kisebb árhullám vonult le a Felső-Tiszán, ami miatt a tározót elkezdték feltölteni, de ez a radar felvételeken nem jelenik meg ennél a levágási értéknél. Április, május, júniusban az újabb nagyobb mennyiségű csapadék és áradás miatt ismét telítettebb volt a tó. Viszont a júliusi alacsony vízhozam nem mutatkozott a radar felvételen, annál inkább látszik ez a jelenség augusztusban. A szeptemberi, októberi és novemberi időjárás következtében a vízállás kissé emelkedett a korábbi hónapokhoz képest, amit a felvételek is igazolnak. December hónap elején ismét kisebb árhullám vonult le a folyón, így a vízállások is növekedtek, amik a radar felvételeken is látszanak.

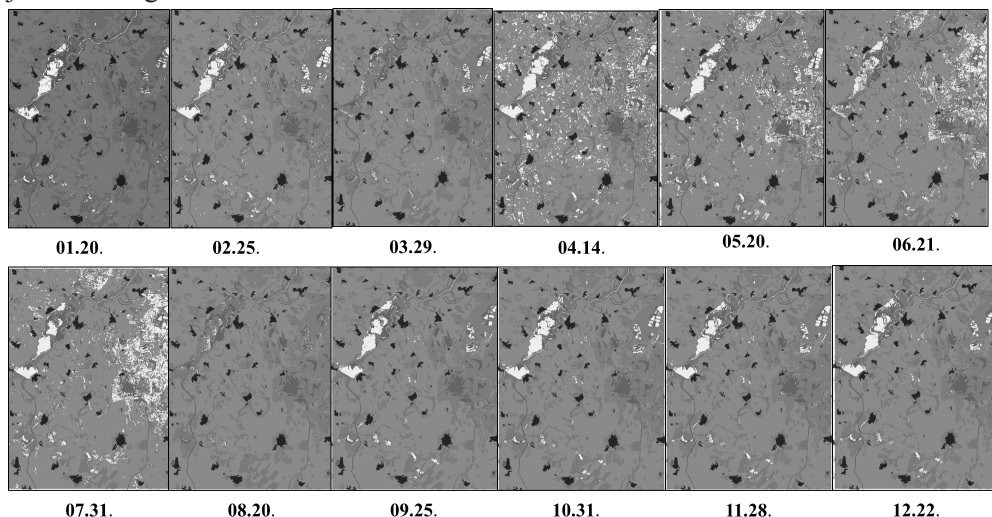
A leválogatás során nemcsak a Tisza-tó, hanem a tó környékén elhelyezkedő



6. ábra A vízzel borított és vízborítás nélküli területek leválogatása

területek vízborítottságának térinformatikai értékelését is elvégeztük. Ebben az esetben pedig referenciaként a Corine Land Cover 2006 alapján azonosítottuk be a vizes területek előfordulási helyeit (7. ábra).

Ahogy a 7. ábrán is látható, a radar felvételek közül az április, május, június, és július hónapokban voltak jellemzőek az összefüggő nagyobb vizes foltok a környező területeken. Azonban a Corine Landcover alapján ezek a gyepterületek voltak, azonban a szántóföldi területeken kisebb arányban vagy egyáltalán nem jelentek meg ezek a foltok.



7. ábra A radar felvételek összevetése Corine Landcover 2006 adatok alapján

## Következtetések és javaslatok

A radar interferometria segítségével a földfelszín egészen kis nagyságrendű változásai is érzékelhetők, amelyek a természeti katasztrófák előrejelzésében is kiválóan alkalmazhatóak. Jelen tanulmányban a célunk volt az ESA Sentinel 1 műholdak radar felvételek alkalmazhatóságának kiértékelése a belvízzel veszélyeztetett területeken. A radar felvételek alkalmazásának hátránya, hogy a passzív távérzékelési módok közé tartoznak, így a feldolgozásuk nehezebb folyamat.

A vizsgálat során a mintaterületünk a Tisza-tó és annak környéke (beleértve a Szolnok-Túri sík belvízöblözet) volt, amelyen különválogattuk a vizes és nem vizes területeket Sentinel 1 radar adatok alapján a SNAP 2.0 szoftverkörnyezetben. Azonban az eredmények kiértékelése során a KÖTIVIG 2015. évi hidrológiai jelentése (a Tisza vízállás adataival összevetve) alapján elmondható, hogy az általunk kiválasztott levágási küszöbérték szerint nem minden esetben jelenik meg a radar felvételeken az adott vízállás jelenség. Ennek oka lehet a nem megfelelően megválasztott küszöbérték. Továbbá a feldolgozott radar felvételeket Global Mapper 15 szoftverkörnyezetben tovább elemeztük a Corine Land Cover 2006 alapján, hogy a környező vizes területeket területileg azonosítsuk, lehatároljuk. Azonban ebben az esetben a Tisza-tó környéki előtött területek a gyepterületeket jelölték a felszínborítási kategóriák alapján. Így további vizsgálatok szükségesek az értékelés pontosítására.

A fentiek alapján egy új levágási küszöbérték alkalmazásával egy részletesebb értékelés szükséges. Továbbá a Landsat 8 műhold felvételekkel való együttes kiértékelését.

## Felhasznált irodalom

- Bányai L.–Szűcs E.–Kalmár J.–Eperné Pápai I.–Bán D. (2014): Az InSAR technológia alapjai és a reflektáló felületek jellemzői. Geometriai közlemények XVII. pp. 59–68.
- GEUDTNER Et al. (2014): Sentinel-1 system capabilities and applications. International Geoscience and Remote Sensing Symposium. pp. 1457–1460.
- VÁRALLYAY Gy. (2008): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. KLÍMA-2 Füzetek. 52. pp. 57–72.
- TAMÁS J. (2013): Gazdálkodás belvizes és aszályos területeken. p. 4.

## Internetes hivatkozások:

- I1: Javaslat a belvízmentesítés hatékonyságának javítására- Vízügyi Tudományos Tanács Belvízvédelmi Munkacsoport.  
<http://www.bm-tt.hu/ovf/assets/letolt/javaslatabelvizmentes.pdf>
- I2: A műholdas távérzékelés alapjai.  
[http://www.uni-miskolc.hu/~foldrajz/hallgato/segedlet/Muholdas\\_taverzekeles\\_alapjai.pdf](http://www.uni-miskolc.hu/~foldrajz/hallgato/segedlet/Muholdas_taverzekeles_alapjai.pdf)

I3: Éves hidrometeorológiai értékelés

[http://kotivizig.vizugy.hu/doksik/hidromet\\_20160110.pdf](http://kotivizig.vizugy.hu/doksik/hidromet_20160110.pdf)



# Tematikus térképek Cesiummal

Gede Mátyás

adjunktus, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, saman@map.elte.hu

**Abstract:** Cesium is an open source virtual globe library for embedding interactive 3D globe models to web pages. Its API provides various tools for thematic mapping visualizations: raster ground overlays, vector drawing, 3D models. Using its own data format, CZML, time-dependent features can also be defined, as any numeric value (e.g. coordinates, size, height, rotation, colour components) can be interpolated in time, facilitating the creation of temporal animations.

This paper introduces the most important features of Cesium along with their use in thematic cartography. The author also developed a QGIS plugin which helps creating such visualizations by generating the appropriate CZML files based on the data loaded into the program.

## Bevezetés

A Cesium egy nyílt forráskódú virtuálisglóbusz függvénykönyvtár, amellyel weboldalakba ágyazva jeleníthetünk meg interaktív három dimenziós glóbuszmodellt. Ez az API (Application Programming Interface) különösen a népszerű Google Earth API megszűnésével válik fontossá.

A Cesiumban számos olyan eszköz áll rendelkezésünkre, melyek kiválóan hasznosíthatók tematikus térképi vizualizációk készítésében: raszteres lefedő képek, különféle vektoros elemek hozzáadása, 3D modellek. Az API-hoz kapcsolódóan kifejlesztett CZML adatformátum használatával pedig akár időfüggő elemek is létrehozhatók: az objektumokhoz kapcsolódó bármilyen számokkal leírható érték – pl. a koordináták, a méret, a magasság, az elforgatás szöge vagy a szín – interpolálható az idő függvényében, mellyel lehetőség válik különféle animációk megjelenítésére.

Ez a tanulmány a Cesium API-nak a tematikus térképezésben használható legfontosabb elemeit és azok célszerű felhasználását mutatja be.

A szerző egy QGIS modult is készített, mely leegyszerűsíti a leggyakrabban előforduló vizualizációk előállítását. A modul automatikusan elkészíti a programba betöltött adatokból az adott típusú megjelenítéshez szükséges CZML fájlokat a felhasználó beállításai alapján.

## Tematikus térképek virtuális glóbuszokon

A különféle virtuálisglóbusz-alkalmazások tematikus kartográfiai felhasználásáról már számos tanulmány született. Ezek legnagyobb része a GoogleEarth-re, vagy annak – azóta elavulttá nyilvánított, és hamarosan megszűnő



– weboldalakba épülő plugin változatára épül, és a KML formátumot használja a tematikus tartalom leírására (SANDVIK, B. 2008). Mások (TIEDE, D.–LANG, S. 2010) az ArcGIS Explorer, az ArcGlobe vagy a NASAWorld Wind segítségével jelenítik meg adataikat, de az esetek egy részében ilyenkor is a KML formátumot használják.

A WebGL, és a HTML5 térhódításával az utóbbi években sorra jelentek meg a különféle, JavaScript alapú, plugint nem igénylő virtuális glóbusz-függvénykönyvtárak, melyekkel weboldalakon jeleníthetünk meg háromdimenziós glóbuszmodelleket. Ilyen például a svájci kutatók által kifejlesztett *OpenWebGlobe* (CHRISTEN ET AL. 2012) vagy a *WebGLEarth JavaScript API*, mely egy BSc szakdolgozatnak indult, azóta pedig a Klokant Technologies gondozza (SLOUP, P. 2011). Bár néhány célra ezek is jól használhatók, bizonyos korlátaik miatt (GEDE, M. 2015) messze nem olyan jól alkalmazhatók, mint a szintén WebGL alapú *Cesium* (COZZI, P. 2013).

Különleges esetekben célszerű lehet a kész virtuálisglóbusz-alkalmazások vagy függvénykönyvtárak helyett valamilyen általános 3D modellező formátumban elkészíteni a tematikus glóbuszt. Erre általában akkor van szükség, ha szakítani kell a hagyományos gömb alakkal, pl. a glóbusz keresztmetszetét is láttatni akarjuk (GEDE, M. 2016). Ha mindezt a weben is publikálni szeretnénk, akkor a legegyszerűbb megoldás az X3DOM használata, melynek segítségével a 3D modellt leíró X3D kód a HTML dokumentumba ágyazható (FRAUNHOFER INST. 2014).

## **A Cesium API használata tematikus térképekhez**

A Cesium segítségével mindössze néhány sornyi JavaScript kódra van szükségünk ahhoz, hogy egy, a tematikus vizualizációnkat hordozó interaktív virtuális glóbuszt egy HTML oldalon elhelyezzünk. A további tartalom hozzáadása aztán többféleképpen is történhet:

- Bizonyos esetekben elég a gömb felszínére vetíteni valamilyen raszteres képet. Ezzel a módszerrel a hagyományos, síkbeli tematikus térképeken használt ábrázolási módszerek bármelyikét alkalmazhatjuk (pl. pontszórás, felületmódszer, izovonal-módszer), viszont a térkép megszerkesztésekor ügyelnünk kell a gömbre vetítés során fellépő torzulásokra: a gömbre vetítendő képnek négyzetes hengervetületben kell lennie, viszont a képernyőn egy ferde perspektív képet fogunk látni. Az ilyen földgömbtérképek szerkesztésével bővebben foglalkozik (HARGITAI H.–GEDE M. 2009; GEDE M. 2016). A raszteres képet a gömbhöz adhatjuk egészben is (kisebb felbontású képeknél ez ajánlott), vagy mozaikolva, akár TMS szolgáltatásként, akár KMZ fájlként.
- Ha különböző vektoros elemeket (pontok, vonalak, felületek) akarunk a glóbuszra tenni, akkor ezeket közvetlenül a JavaScript kódban is definiálhatjuk, azonban ha néhány elemnél többet helyeznénk el, célszerűbb az alábbi lehetőségek egyikét választani.
- A különféle KML vagy KMZ fájlok néhány sornyi kóddal a gömbhöz

adhatók. Ennek különösen akkor van jelentősége, ha valamilyen más célra már elkészült a tematikus tartalom KML formátumban, és ezt szeretnénk minél kevesebb erőfeszítéssel megjeleníteni a weben. Figyelnünk kell arra, hogy a Cesium (még) nem képes a KML formátum által biztosított összes lehetőség megjelenítésére, pl. nem tudunk így 3D modelleket vagy *ScreenOverlay*-eket megjeleníteni.

- A legszéleskörűbben a Cesium saját formátumát, a CZML-t használhatjuk. Az ilyen formátumú fájlok is – a KML-hez hasonlóan – pár sor programkóddal a glóbuszhoz adhatók. A CZML hátránya a KML-hez képest, hogy ma még nem támogatják a különféle térinformatikai szoftverek, de kis programozói gyakorlattal könnyen előállíthatók a szükséges fájlok.

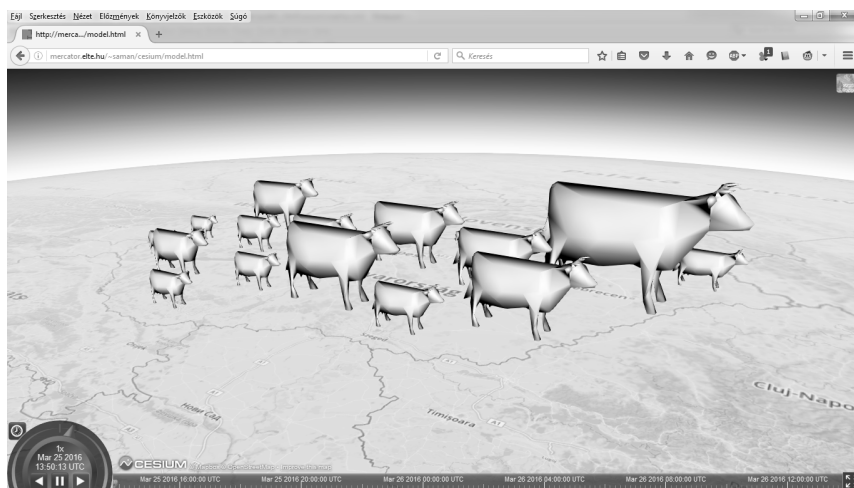
### **A CZML formátum által biztosított különleges lehetőségek**

A CZML egy JSON alapú formátum. Egy CZML dokumentum tartalma egy darab JSON tömb, aminek elemei ún. csomag (*packet*) objektumok. A csomagok mindegyike egy-egy, a glóbuszon elhelyezendő objektumot definiál, kivéve az első csomagot, mely a verziószám megadására szolgál. A részletes dokumentáció megtalálható az interneten (ANALYTICAL GRAPHICS 2016); itt most csak azokat a lehetőségeket emelem ki, amelyek különösen fontosak a tematikus vizualizációk szempontjából.

Talán a leggyakrabban használt tematikus ábrázolásmód a felületkartogram. A CZML-ben (ahogy a térinformatikában általában) ezt egymáshoz hézag- és átfedésmentesen csatlakozó poligonokkal valósíthatjuk meg. A poligonok kitöltése lehet valamilyen szín, sraffozás, vagy akár kép is. A poligonokhoz magasságot is rendelhetünk, ekkor kiemelkednek a gömbfelszínből. A felszínből kiemelt poligonoknál nagy előny, hogy – a Google Earth-szel ellentétben – a felszínük továbbra is követi a földgömb görbületét, így nem kell attól tartanunk, hogy a nem kellőképpen kiemelkedő poligonok „belevágódnak” a gömbfelszínbe.

Helyhez kötött mennyiségi adatok megjelenítéséhez használhatunk egyedileg méretezett 3D modelleket is (*1. ábra*; hasonló megjelenítést találunk pl. ZSOLDI K. (2014) munkájában). A Cesium (és a CZML) a glTF (GL Transmission Format) modellformátumot támogatja. Amennyiben nem tudunk ilyen formátumot előállítani, használhatjuk a <https://cesiumjs.org/convertmodel.html> címen található online konvertert is.

A CZML nagy előnye, hogy bármilyen numerikus érték interpolálható az idő függvényében. Ha ilyen adatokat jelenítünk meg, akkor a megjelenítőben az időt változtatva (ehhez rendelkezésre áll egy „időcsuszka”) az időfüggő érték (pl. az elem színe, magassága, pozíciója) is változik.

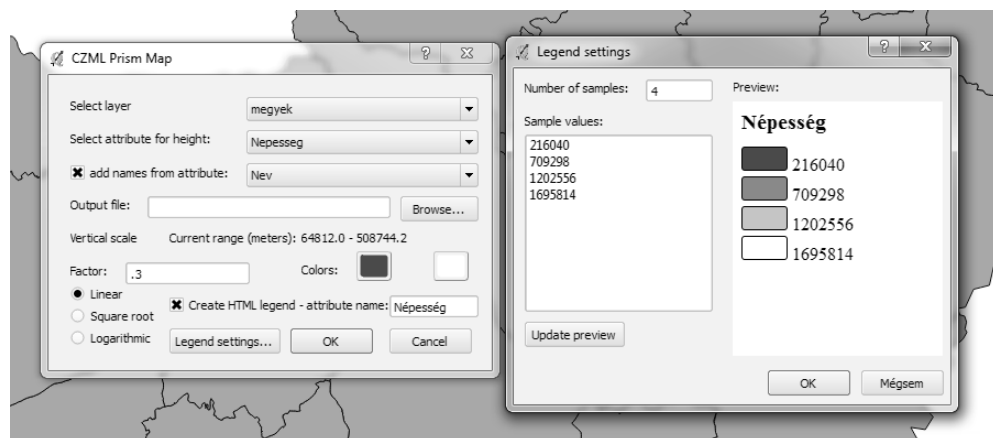


1. ábra Egyedileg méretezett 3D modellek mennyiségi adatok megjelenítésére

## CZML fájl generálása QGIS-ben

Sajnos a különféle térinformatikai szoftverek ma még nem teszik lehetővé a CZML formátumú mentést. Ezen kíván segíteni a szerző által készített QGIS plugin, amely pillanatnyilag háromféle megjelenítést támogat. A plugin a [https://github.com/samanbey/czml\\_generator](https://github.com/samanbey/czml_generator) címről tölthető le. A modult a QGIS-hez adva a Plugins (Modulok) menüben megjelenik a CZML Generator menüpont.

A „Prism Map” lehetőségre kattintva háromdimenziós felületkartogram-térképet készíthetünk. A funkcióhoz tartozó dialógusablakban (2. ábra) kiválaszthatjuk, hogy a QGIS-be betöltött poligon geometriájú vektoros rétegek közül melyik tartalmazza a szükséges adatokat, és hogy melyik numerikus attribútumot akarjuk ábrázolni.



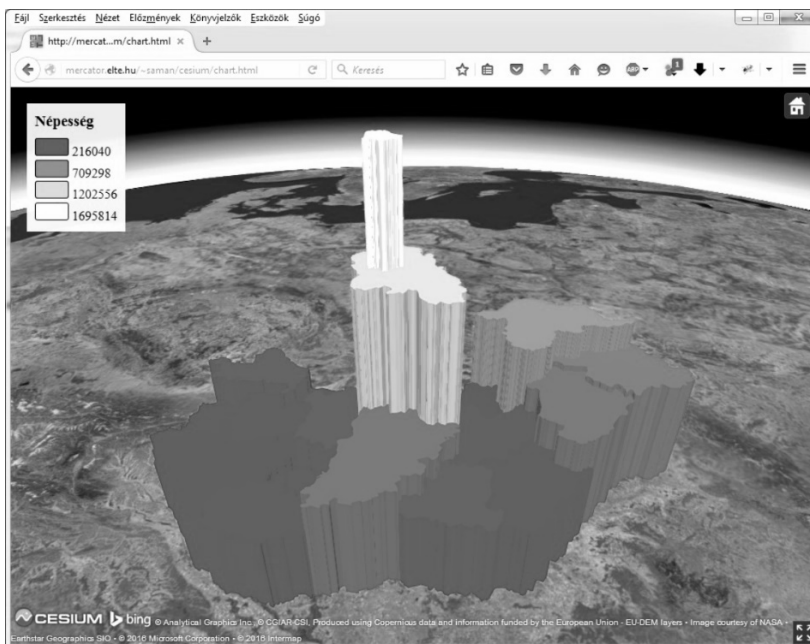
2. ábra 3D felületkartogram készítése a CZML Generator plugin-nel

Ha valamilyen szöveges attribútum is van az adott vektoros rétegen, akkor beállíthatjuk, hogy milyen név szerepeljen a webes megjelenítőben az adott elemre kattintva előugró információs ablakban. Ezen kívül meghatározhatjuk, hogy a legkisebb, illetve a legnagyobb értékhez milyen színeket rendelünk (a két szín között interpolálódnak az értékek), illetve, hogy az elemek magassága az ábrázolandó érték lineáris, logaritmikus, vagy négyzetgyökös függvénye legyen-e, valamint a magassági torzítás szorzóját is. A térképhez egy HTML formátumú jelmagyarázat is készül, ha beikszeljük a „*Create HTML legend*” lehetőséget. A jelmagyarázat részletes beállítására egy külön ablak szolgál.

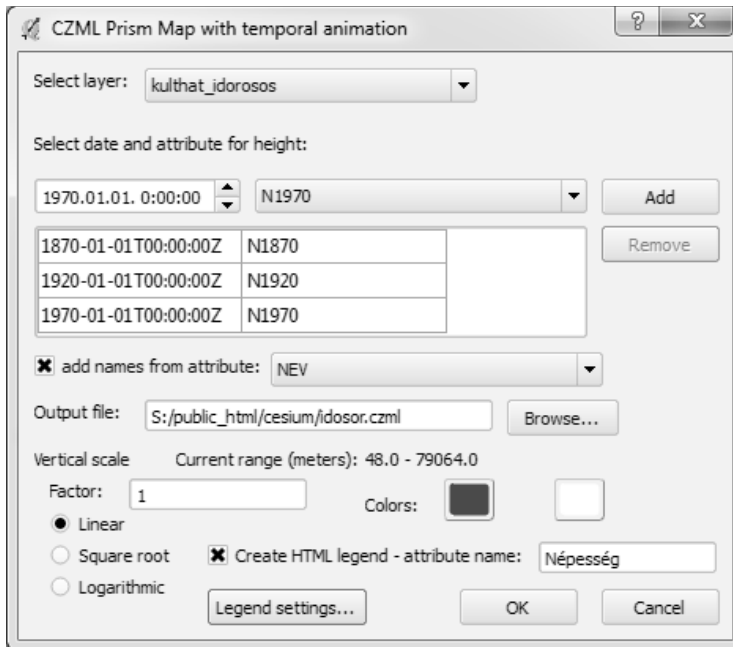
A kapott CZML fájl megjelenítéséhez használhatjuk a modulhoz mellékelt (a *sampleViewer* mappában található) minta HTML dokumentumot, melyben csak a CZML fájl és (ha készítettünk) a HTML jelmagyarázat-fájl nevét kell kijavítani. A szintén mellékelt mintaadatokból készített térkép a 3. ábrán látható.

Ha idősoros adataink vannak, akkor használhatjuk a „*Prism Map withtime*” funkciót is. Az ehhez tartozó dialógusablak az előzőhöz hasonló, annyi különbséggel, hogy itt a kiválasztott vektoros réteg több attribútumát is felhasználhatjuk. Minden felhasznált attribútum mezőhöz meg kell adnunk az érvényességi dátumot is (4. ábra).

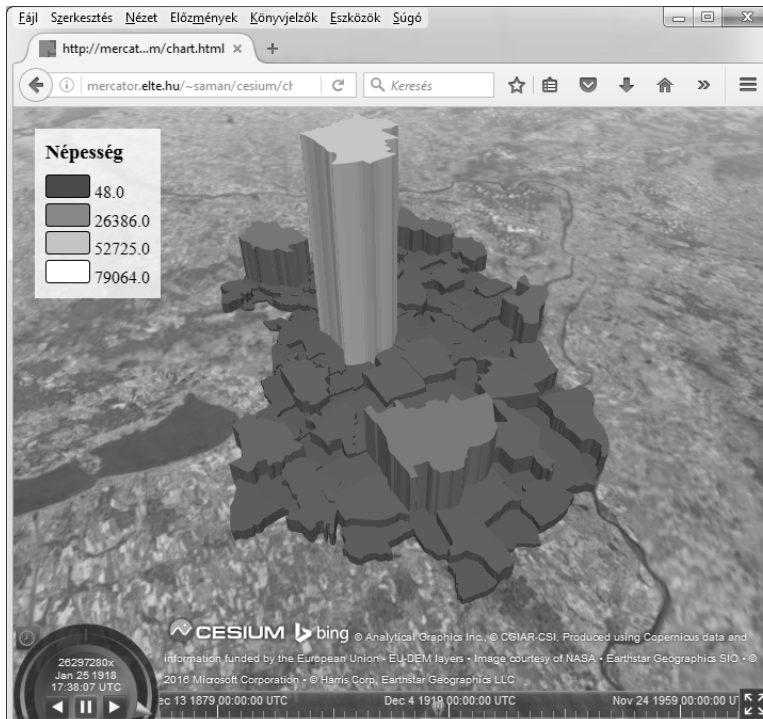
Idősoros adatok esetén a minta-megjelenítő kódjában a Cesium.Viewer objektum létrehozásakor állítsuk az animation és a timeLine opciókat true-ra. Ezzel láthatóvá tesszük az idő beállítására szolgáló csúszkát, és a többi kapcsolódó kezelőszervet (5. ábra).



3. ábra 3D felületkartogram Cesiumban megjelenítve



4. ábra A CZML Generatorplugin használata idősoros adatokkal



5. ábra Idősoros adatok megjelenítésekor jól jönnek a Cesium időbeliséget szabályozó kezelőszervei, melyek a kép alján láthatók

A „*Scaledmodelswithtime*” funkció segítségével valamilyen attribútum értékének megfelelő méretű 3D modelleket tartalmazó CZML fájlt készíthetünk (az 1. ábrán láthatóhoz hasonló). A beállítások az előzőekhez hasonlóak, de itt meg kell adnunk a 3D modell fájl URL-jét is. Célszerű relatív URL-t megadni. A *sampleViewer* mappa tartalmaz egy minta modellt is (*cow.glb*).

## Távlati tervek

Jelen tanulmány inkább csak ízelítőt ad a Cesium tematikus térképészeti felhasználhatóságából. A szerző célja, hogy minél több további tematikus ábrázolásmódot megvalósítson ezzel az eszközzel. Ezzel párhuzamosan a bemutatott QGIS plugin fejlesztése is folytatódik.

## Köszönetnyilvánítás

Ez a kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH támogatásával valósul meg. Szerződésszám: PD 111737.

## Felhasznált irodalom

- ANALYTICAL GRAPHICS (2016): Cesium Language (CZML) Guide. <https://github.com/AnalyticalGraphicsInc/cesium/wiki/CZML-Guide>
- CHRISTEN, M.–NEBIKER, S.–LOESCH, B. (2012): Web-based Large-scale 3D-Geovisualisation using WebGL – The Open Web Globe Project. International Journal of 3-D Information Modeling 1/3, pp.16–25.
- COZZI, P. (2013):Cesium: 3D Mapsonthe Web. FOSS4G NA, 05/2013.<http://cesiumjs.org/presentations/Cesium3DMapsOnTheWeb.pdf>
- FRAUNHOFER INSTITUTE (2014): Official X3DOM documentation. <http://doc.x3dom.org>
- GEDE, M. (2015): Novel Globe Publishing Techniques Using WebGL. E-perimetron, 10 (2). pp. 87–93.
- GEDE M. (2016): Tematikus térképek virtuális glóbuszokon. Geodézia és Kartográfia, 68 (1-2). pp. 16–21.
- HARGITAI, H.–GEDE, M. (2009): Three virtual globes of Mars: topographic, albedo and a historicglobe. EPSC Abstracts, Vol 4, EPSC2009-47.
- SANDVIK, B. (2008): Using KML for Thematic Mapping. MSc thesis, University of Edinburgh.
- SLOUP, P. (2011): WebGLEarth. Bachelor thesis, Masaryk University, Brno. [http://is.muni.cz/th/325196/fi\\_b/thesis.pdf](http://is.muni.cz/th/325196/fi_b/thesis.pdf)
- TIEDE, D.–LANG, S. (2010): Analytical 3D views and virtual globes — scientific results in a familiar spatial context. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65 (3). pp. 300–307.
- ZSOLDI K. (2014): 3D-s és animációs technológiák a tematikus kartográfiában. Geodézia és Kartográfia, 66 (7–8). pp. 20–25.





# Új szempontok Pécs belterületének természetföldrajzi minősítéséhez

Gyenizse Péter<sup>1</sup> – Morva Tamás<sup>2</sup>

1 egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

2 PhD hallgató, PTE TTK Földtudományok

**Abstract:** Earlier we have developed a settlement assessment GIS model. This model evaluates the effects of the morphological and hydrographical elements of physical environments on the built-in areas of the cities. We want to improve this model to use other factors. In this article We test new data, maps (eg. depth of foundation, groundwater level).

## Bevezetés, célkitűzés

A települések helyválasztása, élete, fejlődése, terjeszkedése, vagy éppen stagnálása és elhalása sok esetben még napjainkban is jelentős mértékben függ a természeti adottságoktól (ELEKES T. 2008, HAJNAL K.–PIRISI G.–TRÓCSÁNYI A. 2009, MAROSI S.–SZILÁRD J. 1974). A geológiai felépítés, a talaj, valamint a domborzat orográfiai sajátosságai, egy adott mikrorégióban emberi léptékkel számolva stabilnak tekinthetők. A klimatikus, hidrológiai és növényzeti viszonyok azonban már évszakonként is módosulnak. A komplex természeti környezeti viszonyok alapos ismerete és településtervezési célú értékelése legfőképpen város-esztétikai, környezetvédelmi és műszaki kérdések megoldásában, valamint a különböző létesítmények optimális térbeli elhelyezésében nyújt jól felhasználható információkat, de nem hanyagolhatók el a higiéniai és a településszociológiai vonatkozásai sem.

A települések természeti környezetéről ma már rengeteg térbeli adat áll rendelkezésünkre, amely adatok kiválóan elemezhetők geoinformatikai szoftverekkel (JÓZSA E. 2013, NAGYVÁRADI L.–PIRKHOFFER E. 2008, SZABÓ G.–SZABÓ SZ. 2013). Jelen tanulmányunk célja, hogy egy korábban nagyvonalakban kidolgozott geoinformatikai minősítő rendszer továbbfejlesztéséhez szükséges első lépéseket mutassuk be.

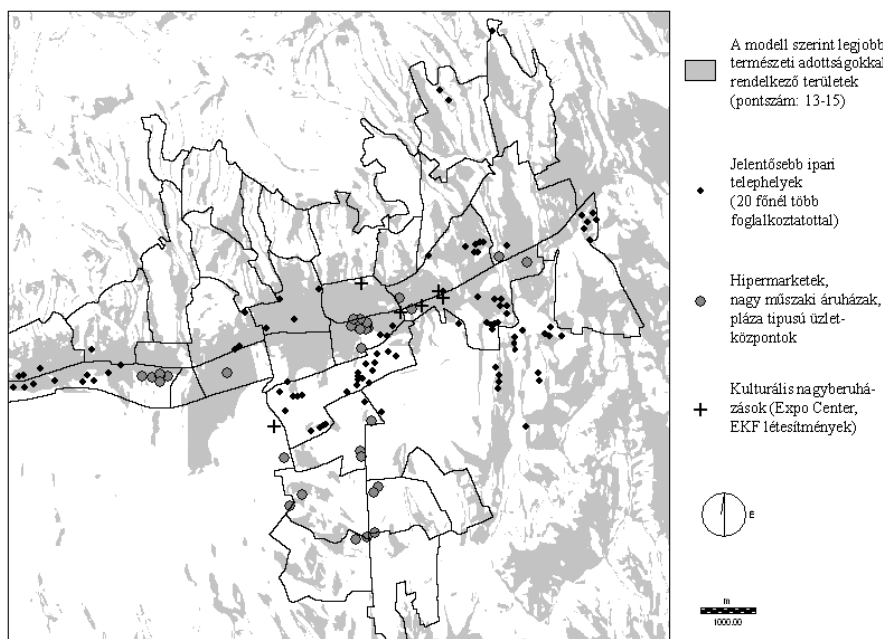
## Módszerek

Az elmúlt években kidolgoztunk egy relatív minősítő módszert, ami a hazai vidéki nagyvárosok lakóterületét minősíti (GYENIZSE P. 2009). A modell egyik „lába” a természeti adottságokat értékeli, a másik a társadalmi igényeket. A természeti adottságok értékelése három pilléren nyugodott eddig: a lejtőmeredekség, a lejtőkitettség és a felszíni vízfolyásoktól mért távolság. Mindhárom tényezőt relatív

pontszámokkal láttuk el, majd a rétegek összegzésével létrehoztunk egy minősítő eredménytérképet.

Ez a raszter alapú, relatív minősítő modell először Pécs városára készült el, majd más városokra is. Ennek oka nagyrészt a helyhez való kötődésünk volt, de szerepet játszott benne annak igen változatos természeti környezete is. Az *1. ábrán* megfigyelhető, hogy legmagasabb relatív pontszámokkal a Pécsi-medence északi pereme rendelkezik. Nem véletlen, hogy ide települt a Belváros és évszázadokon keresztül ezen sávban terjeszkedett a város K-Ny irányban, az amúgy erre futó 6-os főút mentén. Az utóbbi évek legnagyobb kulturális, ipari és kereskedelmi beruházásai is főként a modellünkben legmagasabb pontszámmal jelzett területeken épültek.

A modell tehát működik, de úgy látjuk, hogy a terület lakhatósági minősítése, így a lakóépületek kialakítása szempontjából történő értékelése összetettebb szempontrendszert igényel. Ezért megpróbáljuk bevonni a vizsgálatba a geomorfológus és mérnök szakemberek által készített térképeket is. A jelenleg ismertetett első lépésben beszereztük azokat (önkormányzat, mérnöki iroda), majd georeferáltuk és vektorizáltuk azokat. Az első kiértékelésnél arra voltunk kíváncsiak, hogy a különböző kedvezőbb és kedvezőtlenebb kategóriába sorolt területeken hogyan oszlanak meg a lakóépületek. A modell továbbfejlesztésekor törekedtünk a térbeli felbontás növelésére is, ezért vektorizáltuk a város 20864 db lakóépület alaprajzát. A feldolgozáshoz és kiértékeléshez ArcGIS és Idrisi szoftvereket használtunk.



*1. ábra A modell szerint legkedvezőbb természeti adottságú területek és az utóbbi két évtizedben épített, valamint a közeljövőben megvalósuló ipari, kereskedelmi és kulturális nagyberuházások helyei Pécsen (Gyenizse P. 2009)*

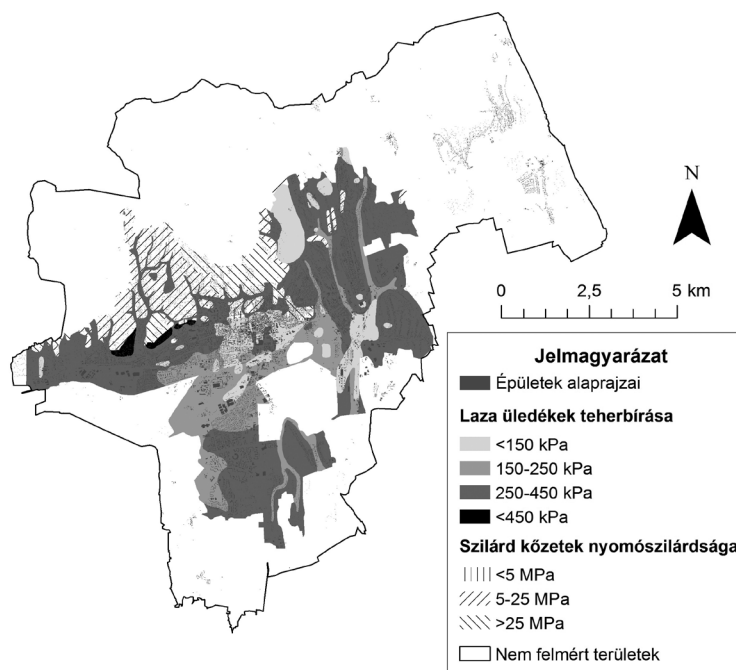
## Eredmények

### *Geológiai és talajtani adottságok hatása az alapozásra*

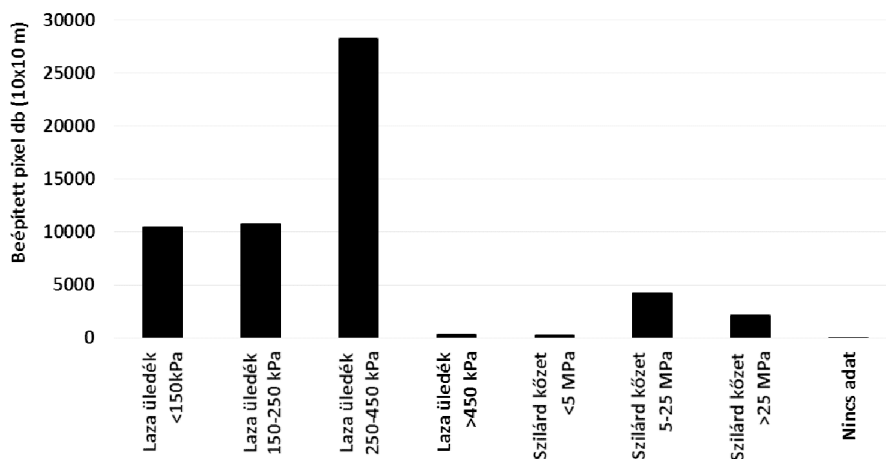
A geológiai adottságok alapján alapvetően nyugodt, vagy nyugtalan felszíneket különíthetünk el. Természetesen a földrengésekkel gyakran sújtott, vagy erősen vulkanikus térségekben nehezebben alakul ki népes település. Pécs beépített területén földtani értelemben vett igazán kritikus terület nincs, de a várostól északra fekvő területeken többször jelentkezik a miocén agyagos-márgás képződmények kiemelendően negatív tulajdonsága, a suvadásra, csuszamlásra való hajlam. A Pécsi-medence mélyebben fekvő részein viszont a kis teherbíró képességű üledékek okoznak alapozási problémát.

Az épületek alapozása azt a célt szolgálja, hogy a falakról a talajra jutó terhelést megfelelő módon átadja (és eloszlassa) a teherbíró talaj felé. Két fő alapozási rendszer ismeretes a mérnöki gyakorlatban: a síkalapozás és a mélyalapozás. A családi házak építésekor általában síkalapozási rendszert használnak, a tömbházaknál mélyalapozást.

Pécs mérnökgeológiai térképsorozatának alapozási tulajdonságokat bemutató lapjain jól megfigyelhető, hogy a Mecsek oldalon nincs közetszilárdsági probléma, de a Pécsi-medence aljzatán, a hordalékkúpokon és az urbanittal borított részekén igen kicsi a talaj és az alapkőzet teherbíró képessége (2. ábra).



2. ábra Alapozási adottságok Pécsen 1,5-2 m mélyen (Pécs mérnökgeológiai térképsorozat alapján digitalizálta: Morva Tamás)



3. ábra A lakóépületek alapterületének megoszlása a különböző alapozási kategóriák között

Elemzésünk szerint a jelenlegi lakóépületek döntő része a kis és közepes teherbírású laza üledéken fekszik (3. ábra). Ezeken a területeken több esetben problémát okozhat a magas talajvíz is, ami talajtérfogat növelő-csökkentő hatása miatt megterhelést jelent az alapokra.

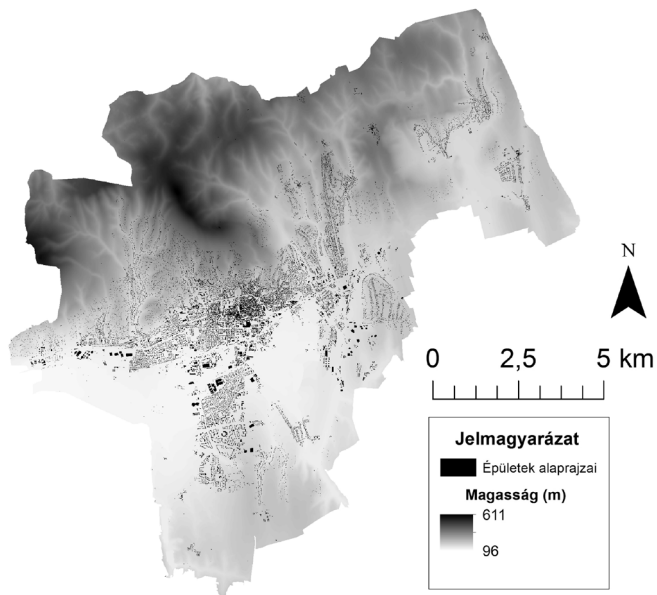
### *A domborzat hatása az épített környezetre*

A települések környezetét is a különböző összetételű és genezisű kőzetekből álló domborzat hordozza, amelyen a természeti földrajzi folyamatok állandó tevékenységükkel folyamatos, illetve szakaszos változásokat idéznek elő.

A természetben minden domborzati forma lejtőkkel különül el egymástól. Ezek hajlásának, tájolásának, hosszának és alakjának vizsgálata a településfejlesztés szempontjából elengedhetetlen. A lejtők hajlásának ábrázolására ún. lejtőkategória térképet szokás használni, amely világosan megmutatja a terület beépíthetőségi határát is. Ez a völgyhálózattal és a geológiai adottságokkal együtt jelentős mértékben figyelembe veendő a beépítésre, vagy rekonstrukcióra váró területek tervezésekor.

A változatos morfológiával bíró településeken megfigyelhető, hogy az utóbbi évszázadban a technikai fejlődés lehetővé tette a hegy- és domboldalak nagyobb mérvű beépítését is. A jobb panoráma, a természethez való nagyobb közelség vonzotta ide a lakosságot. Az utóbbi években a részben hegyoldalra épült városainkban szinte divattá vált, hogy sűrűn beépítik a városra néző oldalakat, vállalva ezzel a többletköltségeket és a kockázatokat is. Pécsen a Mecsek hegylábi területein néhol a 20–40 %-os lejtőkön is házak sorakoznak. Sőt a meredek lejtők beépítése nemhogy csökkenne, hanem egyre gyakoribbá válik a felkapott családi házas városrészekben.

Vizsgálatunk során Pécs digitális domborzatmodelljéből (4. ábra) derivátumokat vezettünk le. A lakóépületek alaprajza alól kiolvastva a pixelek értékét, egyértelmű összefüggéseket tártunk fel a domborzat és a beépítés között. Először is megfigyelhető, hogy a tengerszint feletti magassággal fordított arányban változik

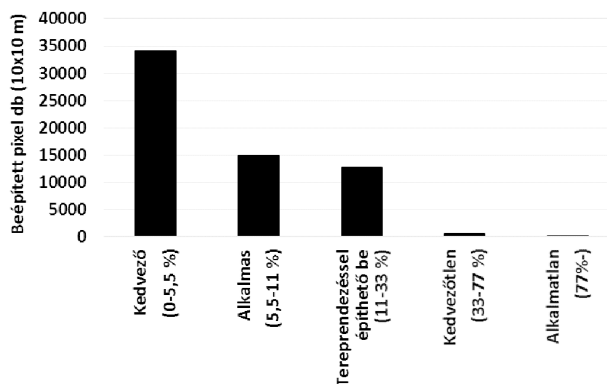


4. ábra Pécs közigazgatási területének digitális domborzatmodellje

(csökken) a lakóépületek által elfoglalt terület. Másrészt a lejtőmeredekség is az elvártaknak megfelelően hat a beépítettségre, azaz minél meredekebb a lejtő, annál kevesebb épületet találunk rajta (5. ábra).

### ***Domborzat és mikroklima kapcsolata***

A Pécestől északra húzódó Mecsek-hegység erősen tagolt morfológiai viszonyai befolyásolják a mikroklimát is. A lejtők hajlásától, kitettségétől és hosszától függően jelentős pozitív, vagy éppen negatív helyi anomália alakulhat ki a makro tér átlagos klímaviszonyaihoz képest. Természetszerűleg kapcsolat van egy terület helyi klímája és a különböző tájolású ún. lakásklimák között. Például a D-i lejtő É-i tájolású lakása (lakóhelysége) nem olyan hideg és szeles, mint amilyen ugyanaz lenne egy

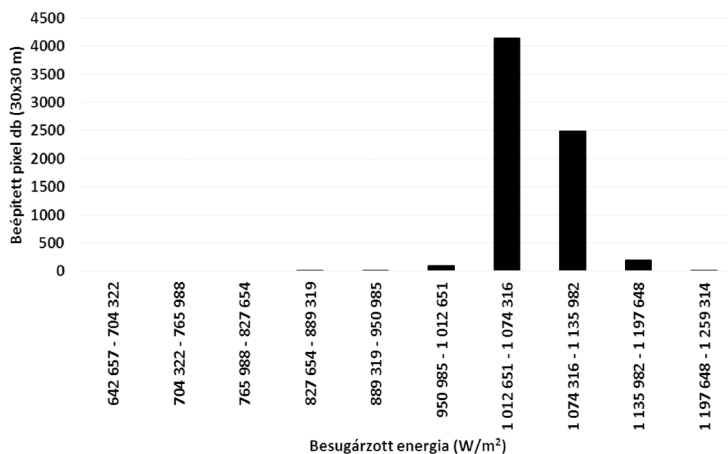


5. ábra A lakóépületek megoszlása különböző lejtőkategóriák között

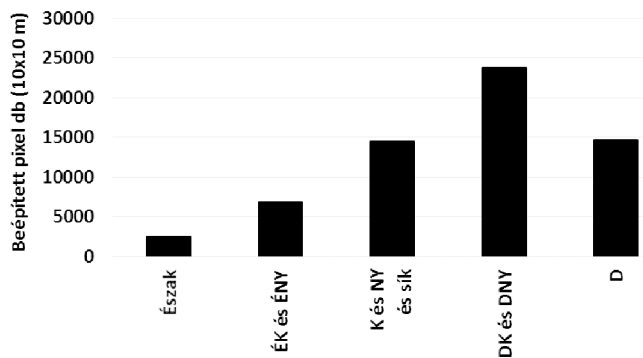
É-i lejtőn. A helyi klimatikus jelleg szerepet játszhat egyes intézmények optimális elhelyezésében is.

A lejtőkitettség és meredekség meghatározza az elvi besugárzási viszonyokat. Az ArcGIS szoftver Solar radiation moduljával ezt mi is modelleztük Pécs beépített részére. Megállapítható, hogy a várostól északra húzódó Misina-Tubes vonulat legmeredekebb lejtői kapják a legnagyobb elméleti besugárzás mennyiségét. Ezt egyetlen lakóingatlan sem éri el, de a legkedvezőbb besugárzási értékű területeken a pixelek értéke meghaladja a 1,1-1,2 millió W/m<sup>2</sup>/év-es értéket. A kisebb lejtésű beépített területek két részre oszthatók, attól függően, hogy a medence északi, vagy déli oldalán fekszenek.

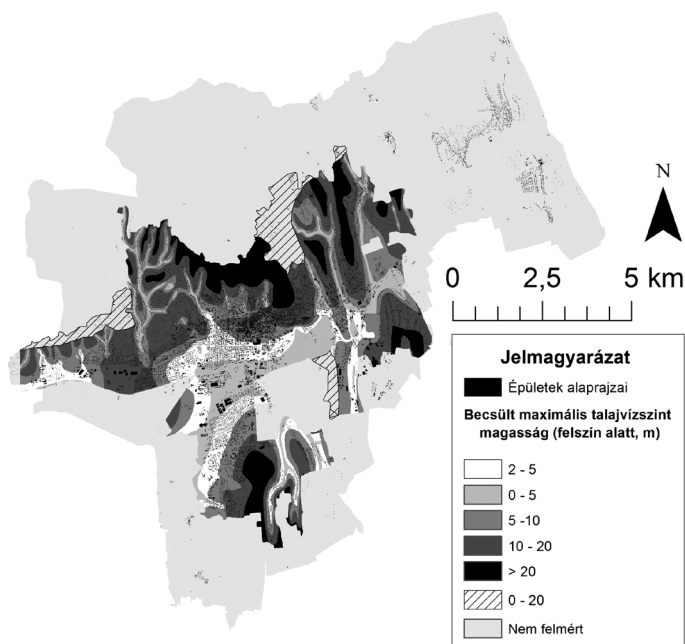
A délies kitettségű medenceperemen fekvő lakóépületek területe elérheti az 1,1 millió W/m<sup>2</sup>/év-es értéket, de az északias medenceperem már nem (6. ábra). A tszf.-i magassághoz és a lejtőmeredekséghez hasonlóan a kitettség is a településtervezők gondolatmenete szerint mutatja a jelenlegi beépített területek megoszlását. A különböző kitettségű lejtők közül legmagasabb arányban a délies lejtők vannak beépítve (7. ábra).



6. ábra A lakóépületek területének megoszlása különböző besugárzási energiával rendelkező felszínek között



7. ábra A különböző kitettségű beépített területek megoszlása



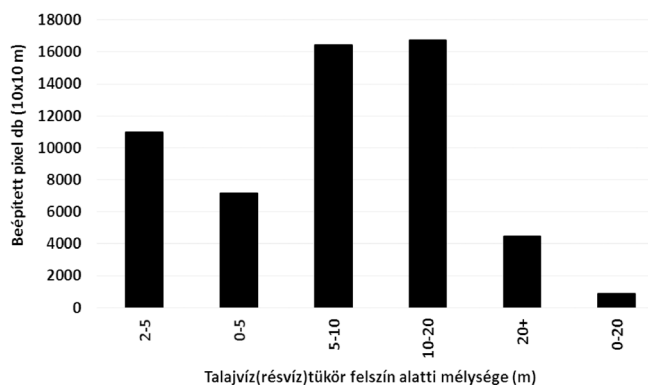
8. ábra Talajvíztükör mélysége Pécsen (Pécs mérnökgeológiai térképsorozat alapján digitalizálta: Morva Tamás)

### *A beépített területek és a felszín alatti vizek kapcsolata*

A hidrológiai adottságok szintén lehetnek pozitív, vagy negatív hatásúak. Mindennapi tevékenységünkhöz szükségünk van ivásra, főzésre, öntözésre, tisztálkodásra stb. használható vízre, ami kutakból kinyerhető és vezetékes vízként szállítható tiszta (felszíni, vagy felszín alatti) édesvíz közelségét teszi szükségessé. Azonban a felszíni és felszín alatti vizek problémákat is okozhatnak. Például épületek felvizesedést, egészségtelené válását. A Pécsi-medence alacsonyan fekvő részein összegyülekező vizek nagy kiterjedésű, nedves, mocsaras területet hoztak létre. Ez sokáig akadályozta a város dél felé való terjeszkedését.

A „Pécs mérnökgeológiai térképsorozatában” szereplő talajvízszint térképhez (8. ábra) viszonyítva a beépített lakóterületek megoszlását megállapítható, hogy a magasabb talajvízszinttel rendelkező területek beépítettsége kisebb mértékű (9. ábra).





9. ábra Különböző talajvízvízmélységű területek megoszlása Pécs lakott területén

## Felhasznált irodalom

- ELEKES T. (2008): A földrajzi tényezők szerepe a településfejlődésben, Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 160 p.
- GYENIZSE P. (2009): Geoinformatikai vizsgálatok Pécsen, Geographia Pannonica Nova 7, Publikon Kiadó, Pécs, 110 p.
- HAJNAL K.–PIRISI G.–TRÓCSÁNYI A. (2009): A táj és a belőle fejlődő város: Pécs, In: Fábian Sz. Á.–Kovács I. P. (eds.): Az édesvízi mészkövektől a sivatagi kéregig. Publikon Kiadó, Pécs, pp. 149–166.
- JÓZSA E. (2013): A település és a domborzat viszonyának geoinformatikai alapú vizsgálata Bátán, Természetföldrajzi Közlemények a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetéből 2 (1) 2013. pp. 21–36.
- LENNER T. (2008): Some common aspects of the historical-geographical development of Hungary's small towns', In: Csapó T.–Kocsis Zs.–Veress M. (szerk.): Geographical studies on the University of West Hungary. Szombathely: University of West-Hungary Faculty of Sciences, pp. 119–130.
- MAROSI S.–SZILÁRD J. (1974): Domborzati hatások a gazdálkodásra és településekre, Földrajzi Közlemények, 22. évf., 3. füzet, pp. 185–196.
- NAGYVÁRADI L.–PIRKHOFFER E. (2008): A modern geográfia kihívása: a térinformatika önkormányzati alkalmazásának új lehetőségei Kozármisleny példáján, Földrajzi Értesítő LVII. évf. 3–4. szám, pp. 299–311.
- Pécs mérnökgeológiai térképsorozata – Pécs MJV Önkormányzata, kézirat
- SZABÓ G.–SZABÓ SZ. (2013): Városi felszínmodell generálása távérzékelés alapú adatgyűjtéssel, In: Lóki J. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV., Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 373–378.

# Kintlévőség kezelés támogatása térinformatikai eszközökkel

Hegyessy Csaba<sup>1</sup> – Berke József<sup>2</sup>

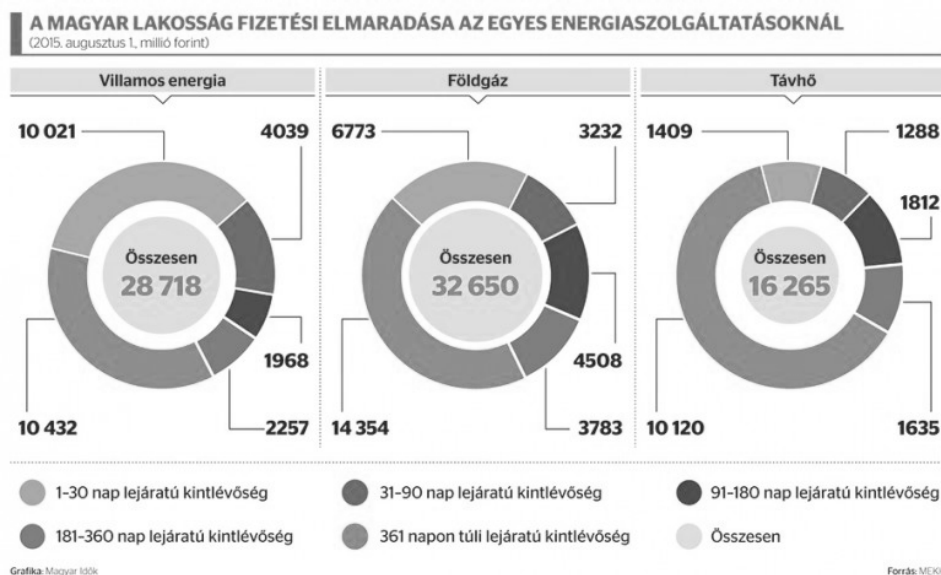
<sup>1</sup>E.ON Ügyfélszolgálati Kft., 1051, Budapest, Széchenyi István tér 7-8., Magyarország, csaba.hegyessy@eon-hungaria.com

<sup>2</sup>Gábor Dénes Főiskola, 1139, Budapest, Mérnök út. 39, Magyarország, berke@gdf.hu

**Abstract:** The significant amount of the utility debts is causing serious problems in Hungary. The strict regulations in many cases do not facilitate the Energy Industry Companies to collect their receivables. We need to be Innovative and also Customer Centric to reduce somehow these debts. Therefore we tried to find a solution to visualise and localise these receivables. We believe if we can step out for a second from the world of the spreadsheets, and can have a look on a map with the applied data, this can bring us much closer to understand what's happening with our Customers, and we may be able to help to solve our common problem: the unpaid bills. So we created a process which can represent the receivable data quickly and easily on a map.

## Bevezetés

A közműtartozások összege ugyan csökkent az elmúlt néhány évben, azonban a fizetési fegyelem nem javult jelentős mértékben. A Magyar Idők internetes portál a MEKH adataira támaszkodva az 1. ábrán látható kimutatást készítette a lakossági kintlévőségek alakulásáról (SOMOGYI, O. 2015).



1. ábra Közműtartozások mértéke

Jól látható, hogy közel 78 milliárd forintnak megfelelő tételről van szó. Ennek csökkentése, sőt akár csak a szinten tartása is jelentős terhet ró minden közműszolgáltató vállára. A 360 napon túli tartozásokat pedig nyugodtan vehetjük tiszta veszteségnek, ezek sikeres behajtása gyakorlatilag elenyésző. Épp ezért fontos, hogy a kibocsátott számlák beszedését a fizetési határidejük után minél hamarabb megkezdjük, ezzel a tartozások korosodását megakadályozzuk. Mindezt természetesen a jogszabályok és előírások betartása mellett kell végeznünk. Az energetikai szektort jelenleg 67 különböző jogszabály szabályozza, a behajtásra vonatkozóan további 42 rendelet írja elő a teendőket, lehetőségeket és feladatokat. Az Ügyfélközpontúságot szem előtt tartva folyamatosan keressük az újabb lehetőségeket ezen a területen. A fentieket figyelembe születt az az ötlet, hogy vigyük fel térképre a hátralékok helyét és nagyságát, és az eredményekről próbáljunk meg következtetéseket levonni. Érdemes lehet az egyedi fogyasztási pontokon túl egy adott terület vagy régió összesítésére is ránézni. Mutat ez vajon bármilyen összefüggést a szociális statisztikákkal? Lehet-e ezekből bármilyen következtetéseket levonni?

## **Adatgyűjtés**

Első lépésként a hátralék adatokat kellett összegyűjteni, majd ezekhez koordinátát rendelni, hogy térképen is megjeleníthetők legyenek. Cégünk az SAP-ISU megoldását használja Ügyfélkezelésre, Számlázásra és Folyószámla kezelésre. Az ISU rövidítés jelentése: Industry Specific Solution for Utilities Industry. Azaz, az SAP közműveknek szóló iparági alkalmazása. A tartozásokra vonatkozó adatok így a folyószámla szintről (SzFSz – Szerződéses Folyószámla) kérdezhetőek le. Erre már jól bevált riportok állnak rendelkezésre, ahol a teljes kimutatás, több millió rekordból áll. Cégünknek közel 3 millió ügyfele van, azonban a tartozások sokszor már egy megszűnt szerződéshez kapcsolódnak, így a valós Ügyfélszám többszörösét is eléri a hátralék adatok száma. A feladat, hogy mindezekhez koordinátát rendeljünk. Létezik egy mérőórához köthető GPS koordináta, amely a szerelőknek segít a szerelési helyszínt megtalálni, de volt nem tiszta, hogy hol található meg ez az adat. Végül a műszaki területről segítettek ki a szakértő kollégák és elárulták, hogy a Csatlakozási Objektum (CsO) alatt található. A Csatlakozási Objektum pedig a Bekötés azonosítón és a Szerződésszámon keresztül kapcsolható az Ügyfél folyószámlájához (SzFSz). A Csatlakozási Objektumhoz tartozik még egy Fogyasztási hely is, melynél egy címadatot is találunk. Ez az adat áll a legközelebb a helyszín beazonosításához a GPS koordináta után, azonban itt meg kell jegyezni, hogy sok esetben ez nem túl megbízható. Csak azt az egy esetet gondoljuk végig, hogy egy új bekapcsolás igénylésekor gyakran egy település szélén újonnan megnyitott utcába kérnek áram vagy gázszolgáltatást az Ügyfelek, azonban az igénylés pillanatában még neve sincs az utcának, vagy ha neve van is, házszám még nem lett kiosztva. Helyrajzi szám ugyan van, de a hétköznapi tájékozódásban ez nem segít. Így fenntartással lehet csak ezt az adatot kezelni. Úgyszintén az Ügyfél számlázási címét is, mivel az pedig eltérhet a tényleges fogyasztási helytől. A fentiek alapján döntöttünk úgy, hogy a

beazonosításra elsősorban a GPS koordinátákat fogjuk használni. Többkörös iterációk és egyeztetéseket követően végül hozzájutottunk a kívánt adatokhoz, melyeket egy Access adatbázisba betöltve 1 GB méretű adatállományt kaptunk.

## **Módszertan kiválasztása**

A műszaki kollégákkal történő egyeztetések során kiderült, hogy a cégen belül már többen használják a Google Earth Pro alkalmazás lehetőségeit hálózati eszközök megjelenítésére. Ezért adta magát a lehetőség, hogy mi is a Google Earth-re fejlesszük ki a megoldást. Ennek azért van fontos jelentősége vállalatunknál, mivel szigorú információbiztonsági szabályokat kell betartani bármely fajta adattárolásnál és adatmegjelenítésnél. Új alkalmazást csak nagy körültekintéssel, hosszas egyeztetések után lehet bevezetni, így mindig célszerű valamely engedélyezett megoldást használni. Ma már a Google Maps-en is lehet gyorsan és egyszerűen saját térképeket létrehozni, de ott az adatokat automatikusan a felhőbe (Google Drive) menti az alkalmazás, az pedig nem megengedett cégünknel. Így csak egy olyan eszköz jöhet szóba, ami a lokális vagy belső hálózati meghajtóra menti az adatokat. Ennek a Google Earth Pro (GEP) épp megfelel. A GEP KML fájlba menti az adatokat, ami egy Open Geospatial Consortium (OGC) szabványos XML állomány (GOOGLE DEVELOPERS, 2016). Ez könnyen létrehozható és szerkeszthető. Az egyik szakértő kollégánk felajánlotta, hogy amennyiben pontosan definiáljuk a megjelenítendő adatokat, akkor ő szívesen megalkot egy Excel Marco-t, ami az adatokból KML fájlt készít. Korábbi szakmai feladataiban erre volt már példa és motivált is volt, hogy tevékenyen részt vegyen ebben a munkában. Így most az a lépés következett, hogy definiálnunk kellett, mit is szeretnénk pontosan megjeleníteni.

## **Térképi megjelenítés**

Elsőként arra gondoltunk, hogy hasznos lehet területi összesítésben megmutatni az adatokat. Ehhez meg kellett határoznunk, hogy mi legyen az az összegzési szint, ami már használható és valós összehasonlítást tesz lehetővé. A megyei szint túl magasnak tűnt, a település szint meg nem volt jól összehasonlítható egymással. Így alakult, hogy megállapodtunk a kistérségi szintű bontásban (minden település egyértelműen hozzárendelhető egy kistérséghez). A KSH kistérségi felosztását alapul véve összesítettük a tartozás adatokat. Most már csak a kistérségeknek kellett megszerezni a területi koordinátáit. Ezeket a [data2.openstreetmap.hu](http://data2.openstreetmap.hu) adatbázisából sikerült elérni KML formátumban. A fájlból sikerült a töréspontok koordinátáit kigyűjteni, így azok beépíthetővé váltak a KML készítő Excel Macro-ba. A kistérségek töréspontjaira ezért érvényes a következő megjegyzés: „Térképadatok © OpenStreetMap közreműködői, CC BY-SA”. Már csak egy feladatunk maradt, hogy a kistérségekre összesített adatokat csoportokba rendezzük. A programozáskor úgy alakítottuk ki, hogy a csoportok határértékeit a munkalapon lévő táblázatból veszi

a program, így előre megadható, hogy hány osztályt tartalmazzon a csoportosítás, valamint függvényekkel beállítható az is, hogy milyen módon számítsa ezeket az értékeket (pl.: Egyenlő osztásköz, Egyenlő esetszám, Természetes töréspontok, stb.). Valamint manuálisan is megadhatóak ezek az értékek az üzleti szempontok figyelembe vételével.

A vizuális megjelenítéshez már csak egy dologra volt szükség, hogy a csoportokhoz tartozó kitöltési színeket meghatározzuk. A KML szabványban egy HTML színkódoláshoz hasonló értéket kell megadnunk, ahol az RGB színek hexadecimális formában kerülnek rögzítésre annyi kiegészítéssel, hogy az átlátszóságot az első 2 biten tudjuk megadni. Az értékek kiszámítására már számtalan kis ingyenesen letölthető alkalmazást találhatunk az interneten pl.: KML\_color\_converter\_v2, forrás: [http://www.sgrillo.net/KML\\_color/index.htm](http://www.sgrillo.net/KML_color/index.htm) vagy a következő linken közvetlenül is konvertálhatunk RGB színeket: <http://www.netdelight.be/KML/index.php>.

Másodjára az Ügyfél szintű megjelenítést alakítottuk ki. Itt annyi plusz feladat jelentkezett, hogy az SAP-ból kinyert GPS koordinátákat – amelyek fok, perc, másodperc formában voltak tárolva – át kellett alakítani tizedes fok formába, mivel a GEP ebben a formában várja a koordinátákat. A csoportosításhoz ugyanazt a megoldást használtuk, mint amit a kistérségeknél már kialakítottunk.

Mindkét esetben két KML fájlt készítettünk, egyet a teljes tartozás összegét alapul véve (HIT, azaz a határidőn túli tartozás), és egyet csak az értékvesztés összegét számítva (ÉV, mint értékvesztés). Az értékvesztési adatot a Kintlévőség Kezelő Szervezet egy meghatározott üzleti algoritmus szerint kalkulálja. Alapvetően azonban elmondható, hogy a 365 napon túli tartozás már 100%-ban értékvesztésnek számít, a fiatalabb tartozás pedig ennél kisebb százalékban adódik hozzá a teljes értékhez.

Kistérségi nézetben a HIT adatokat a 2. ábra bal oldali része szemlélteti, ugyanebben a nézetben az ÉV adatokat a jobb oldali rész mutatja.

Amennyiben rákattintunk egy terület egységre, úgy megjelennek a kistérségre vonatkozó pontos tartozás adatok is (3. ábra).



2. ábra Határidőn túli tartozások (bal oldali ábra) és az értékvesztés mértéke kistérségi bontásban (jobb oldali ábra)





3. ábra Adatcímke megjelenítése kattintásra

Az Ügyfélszintű adatok megjelenítésére már nem az egyenlő osztásköz modusát használtuk, hanem egyedileg határoztuk meg a csoportok határait, ahogy az üzletileg logikusnak mutatkozott. A nagymennyiségű adatok miatt minden egyes csoportot külön KML fájlba exportáltunk, így az egyes szintek külön ki-be kapcsolhatóvá váltak. Hogy használható nézetet kapjunk, ebben az esetben már nagyobb méretarányú térkép részletről kell képet készítenünk. A 4. ábrán Pécs lakosságának tartozásait láthatjuk.

Még ennél is beszédesebb talán az a kimutatás, amikor egy országos intézményfenntartó állami cégre készítettük el a térképi ábrázolást (5. ábra).



4. ábra Értékvesztés mértéke Pécs környékén



5. ábra Határidőn túli tartozás mértéke egy állami vállalatnál

## Eredmények

Kísérletünk legnagyobb eredményének tartom, hogy könnyen elérhetővé és egyszerűen használhatóvá tettük a térképi megjelenítést a vállalaton belül, sokan kerestek már meg újabb ötletekkel, hogy mi-mindent kellene még ábrázolni, megmutatni. A legelső ötletek egyike volt, hogy az egyedi felkeresők, akik személyesen keresik fel egy adott területen a nagyobb tartozókat, ők az utazásaikat már a térkép alapján tudják megtervezni.

Egy másik ötlethez a 6. ábra segített hozzá, amelyen azt láthatjuk, hogy egy fogyasztási helyhez több megszűnt szerződés található, melyek mindegyike tartozással terhelt. Ez csak úgy állhat elő, ha eladják az ingatlant és ekkor az új tulajdonos nem korlátozható a jelenlegi jogszabály szerint abban, hogy fogyasztó legyen. Sajnos előfordul néha az, hogy családon belül átírják az ingatlant, hogy így megszabaduljanak a tartozástól. Miután az adatok így rendelkezésre álltak, sikerült egy olyan kimutatást készíteni, ahol fennáll a gyanú egy ilyen fajta átírássra. Ez alapján kezdeményezni tudjuk majd a jogalkotónál, hogy lehetőség szerint korlátozzák a családon belüli átírást, ha a tartozást még nem egyenlítették ki.

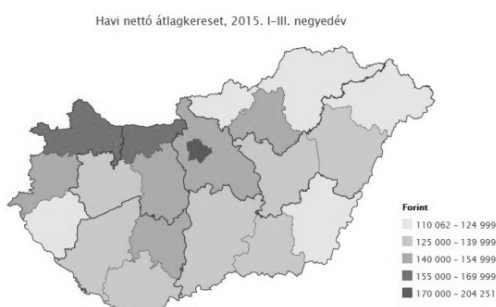
Összehasonlíthatjuk az adatainkat például a KSH társadalomstatistikai adataival is. A 7. ábrán is látható, hogy összefüggés van egy adott területen élők tartozásának a mértéke és a havi nettó átlagkeresetek között (KSH, 2015).

Ezek a vizsgálatok hozzásegíthetnek a későbbiekben, hogy akár területileg különböző behajtási módszereket alkalmazzunk. Például megfontolandó, hogy az ország ÉNy-i felében élőknek nem kellene papír alapú felszólító levelet küldeniük, elegendő lenne esetleg egy e-mail vagy SMS értesítő is, hiszen az ott élőknel feltételezhetjük, hogy csak megfeledeztek a fizetési határidőről, és nem a számla kiegyenlítése okoz nagy gondot.





6. ábra Több szerződéshez köthető tartozás egy adott fogyasztási helyen



7. ábra Tartozások területi megoszlásának összehasonlítása (bal oldali ábra) a KSH által közreadott havi nettó átlagkeresetekkel (jobb oldali ábra)

## Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani Vas Gergely kollégának, aki a KML fájlok előállítására készített számunkra egy Excel Macro-t és ötleteivel segített a gyors és egyszerű térképi megjelenítést. Valamint Tamás Norbert és Szabó László kollégáknak, akik a kintlévőségi adatok összeállításában és az üzleti igények pontosításában segítettek.

## Felhasznált irodalom

- GOOGLE DEVELOPERS (2016): KeyholeMarkupLanguage – KMLReference, <https://developers.google.com/KML/documentation/KMLreference>
- KSH (2015): Fókuszban a megyék – 2015. I–III. negyedév - Térségi összehasonlítás - Havi nettó átlagkereset, <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/megy/153/index.html>
- SOMOGYI, O. (2015): Tízmilliárdokkal apadt a közműtartozás; Magyar Idők internetes portál Gazdaság rovata, <http://magyaridok.hu/gazdasag/egyre-kevesebbel-tartozunk-kozmucegeknek-57845/>



# Geomorfometriai vizsgálatok a tektonika domborzatra gyakorolt hatásainak feltárására Börzsönyi mintaterületen

Józsa Edina<sup>1</sup> – Szeberényi József<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, edina.j0zs4@gmail.com

<sup>2</sup> tudományos segédmunkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, szeberenyi.jozsef@csfk.mta.hu

**Abstract:** DEM-based morphometric parameters can reveal tectonic effects on the development of different landscapes. To explore the hydrogeomorphological settings the characteristics of the drainage network, the shape and elevation distribution of watersheds and the topographic configuration based on geomorphometric maps (base-level, drainage density, stream-gradient index) were interpreted. The approaches were organized into GRASS GIS workflows, also using the R software for statistical analysis and display. These procedures were applied to the DEM of the Southern Börzsöny study site.

## Bevezetés

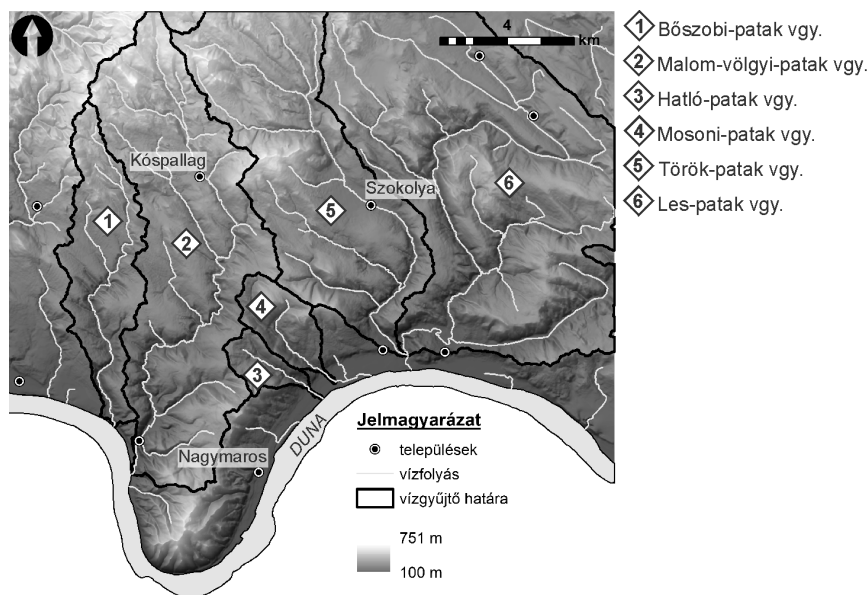
Különböző morfometriai paraméterek előállítása és az eredménytérképek interpretálása gyakori módszer egy-egy terület földtani, domborzati és vízrajzi sajátosságainak feltárása során. A hidrogeomorfológiai viszonyok jó indikátorai a tektonikai deformációnak, így értelmezésük révén pontosabb képet nyerhetünk az adott térség felszínfejlődéséről. Az eróziós-szint térkép, a vízfolyás-sűrűség térkép, valamint az esés-index térkép éppen a folyóvízi felszínformálás térbeli mintázatának és anomáliáinak térképezésére alkalmas komplex eljárások (GÁBRIS GY. 1986, TUCKER, G. E. ET AL. 2001, LUO, W.–STEPINSKI, T. 2008, RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs. ET AL. 2009, JACQUES, P. D. ET AL. 2014, SLAMA, T. ET AL. 2015).

A digitális domborzatmodellek alkalmazása, legalább részben automatizált térinformatikai eljárásokkal társítva, nem csak megkönnyíti, meggyorsítja az ilyen jellegű elemzések kivitelezését, de garantálja az összehasonlítható, pontosan megismételhető eredmények előállítását is. A GRASS GIS és az R statisztikai szoftver széleskörű eszköztárat kínál a hidrológiai és geomorfológiai alaptérképek előállítására, azokkal való számítások elvégzésére, és az eredmények látványos megjelenítésére (GROHMANN, C. H. 2004, JASIEWICZ, J. METZ, M. 2011). A bemutatásra kerülő eljárások a programok szabad felhasználhatósága miatt egyszerűen átvehetőek más kutatásokba is.

A Déli-Börzsöny morfosztratigráfiai modelljének előállítása során elengedhetetlen a szerkezetföldtani viszonyok részletes elemzése. Ennek érdekében jelen kutatás gyakorlati célja, hogy egy elérhető, de előzetes ismereteink alapján a terület földtani viszonyait nem kellő pontossággal bemutató geológiai térkép (KORPÁS L.–CSILLAGNÉ T. E. 1999) korrigálását elvégezzük.

## Kutatási terület

A közel 230 km<sup>2</sup>-es kutatási terület a Déli-Börzsöny közvetlen dunai kapcsolódású kisvízgyűjtőit érinti (1. ábra), amelyek elsősorban a Börzsönyi Kismedencék és a Börzsönyi-peremhegység kistájak részei (DÖVÉNYI Z. 2010). Az aljzatban döntően paleozoos kristályos, illetve a mezozoikumban keletkezett mészkövek találhatók, erre települnek a paleogén törmelékes-üledékes kőzetek. A felszíni kőzetek döntő többségét a visegrádi-hegységi és a börzsönyi vulkanizmushoz köthető miocén andezit adja, amelyeken foltokban a Lajtai Mészke Formáció tengerparti kifejlődésű kőzetei találhatók (KORPÁS L.–CSILLAGNÉ T. E. 1999, KORPÁS L. 1998). A terület geomorfológiai szempontból is kettős képet mutat. A dunai teraszok háttérében, a kismedencékben elsősorban az alacsony dombsági területekre jellemző széles-lapos háta dominálnak (230–270 m tszf.). A középhegységi jellegű területek a 330–750 m-es magassági szinthez tartoznak, túlnyomóan meredek oldalakkal, mélyen bevágott szűk völgyekkel tagolt térszínnek alkotják (LÁNG S. 1955). A vízhálózat több forrásból táplálkozó, rendre észak-déli folyásiránnyal rendelkező elemekből tevődik össze. Egyes völgyszakaszok futását vulkányszerkezeti- és neotektonikai vonalak is befolyásolták. A terület felszíni vizeinek több mint 90%-át a Medres-patak, a Malom-völgyi-patak, a Török-patak és a Les-patak vezetik le. Kisebb, egyedi vízfolyások (Szobi-patak, Hatló-patak, Mosoni-patak) a kutatási terület déli részén találhatók (LÁNG S. 1952).



1. ábra A kutatási terület domborzati viszonyai, a jelentősebb vízrajzi elemek és a vizsgált vízgyűjtők határai

## Anyag és módszer

A kutatás során a mintaterület felszínfejlődési sajátosságainak vizsgálatához digitális domborzatmodellből levezethető morfometriai paramétereket állítottunk elő. Erre való tekintettel a modellezéshez az 1:10 000 méretarányú EOVS topográfiai térképek magassági adatait használtuk fel. Az optimális horizontális felbontást az alaptérképek információtartalmához igazítva 10 m-ben állapítottuk meg. A modell eloszlásfüggvényének képe alapján a szintvonalak magassági értékei nincsenek túlreprezentálva, így a modell a kutatásunkhoz megfelelő adatforrássul szolgál (MÁRKUS B. 2010). A Börzsöny geológiájáról elsősorban a KÖRÖSI L.–CSILLAGNÉ T. E. (1999) által készített 1:50 000 fedetlen földtani térképből tájékozódunk.

A kutatás kivitelezésére a specifikus bővítmények és a nyílt forráskód miatt esett a választás a GRASS GIS és az R szoftverekre. A geoinformatikai módszerek alkalmazása lehetőséget teremtett az eltérő sajátosságú vízgyűjtők konzekvens, összehasonlító vizsgálatára, mely részben automatizálásra (bash shell és R scriptek) is került. A két szoftver közötti interface jelenleg is fejlesztés alatt áll, ez lehetőséget teremt arra, hogy a kutatás során létrehozott funkciók is beépítésre kerüljenek az elemzési eszköztárba (BIVAND, R. S. 2000).

A vizsgált morfometriai paramétereket és az előállításukra szolgáló fontosabb eszközöket az 1. táblázat foglalja össze. A választott eljárások elsősorban JASIEWICZ, J.–METZ, M. (2011) *r.stream.\** hidrológiai moduljára épülnek. Az R a különféle indexek számításában, valamint a diagramok látványos megjelenítésében (ggplot package) játszott szerepet. A módszerek részletesebb bemutatására az eredmények között kerül sor.

1. táblázat A kutatás során elemzett morfometriai paraméterek

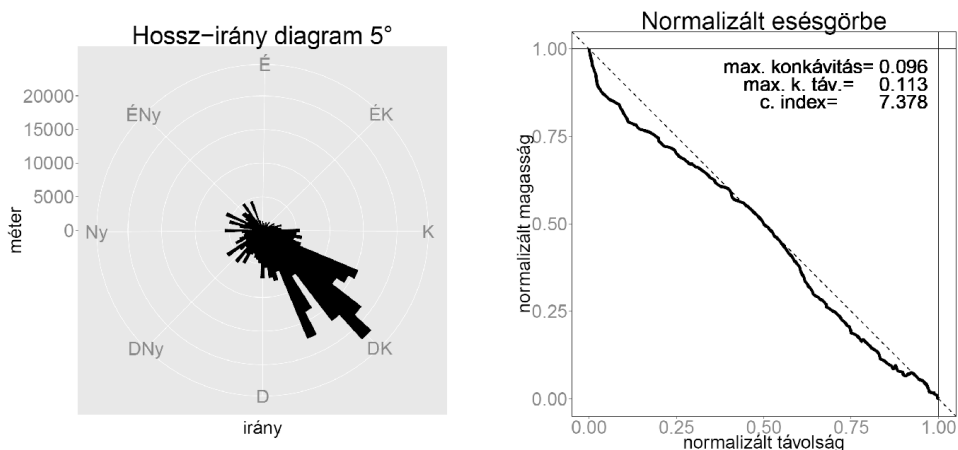
Paraméter	Leírás	GRASS GIS funkció
vízhálózat	domborzattal korrigált összefolyási térképből számított vízrajz	r.threshold, r.param.scale, r.stream.extract
hossz-irány sugárdiagram	völgyhálózat általános irányultságának vizsgálatára	r.stream.segment
normalizált esésgörbe	vízfolyások lefutásának összehasonlítására, fejlődési különbségek	r.stream.order, r.stream.distance
hipszetrikus görbe	a vízgyűjtők domborzati és felszínfejlődési jellemzőinek összevetésére	r.stream.basins
vízgyűjtő mutatók	alaki, morfológiai sajátosságok számítása a vízgyűjtőkre	r.basin
eróziós-szint térkép	jelentősebb vízfolyások eróziós szintjéből generált térkép	r.contour, v.surf.rst
vízfolyás-sűrűség térkép	a vízfolyáscelláktól való távolságból generált térkép	r.stream.distance, r.neighbors
esés-index térkép	a vízfolyásszakaszok jellemző eséséből generált térkép	r.stream.segment, v.segment, v.surf.rst

## Eredmények

A vizsgálat első lépése egy a terület természeti viszonyaihoz igazodó vízhálózat előállítása volt. Csak a domborzatmodellrel alapul véve a szoftver 0.15 km<sup>2</sup> kiterjedésű összegyülekezési területet állapított meg. Az összegyülekezési térképet görbület térképekkel korrigáltuk, így pontosabban illeszkedett a topográfiai viszonyokhoz. A generált vízhálózat képe közel teljes egyezést mutatott a szakirodalomban leírtakkal. Ezután a 6 vizsgálni kívánt vízfolyáshoz készítettük el a vízgyűjtő térképet.

A területre jellemző ÉNy-DK-i irányú völgyekkel való felszabdalódást a 2. ábrán bemutatott hossz-irány diagram is alátámasztja. A vízfolyásokra előállított normalizált esésgörbék, a görbékre kiszámított konkávitási értékekkel segítséget nyújtanak az egyes vízgyűjtők fejlődését befolyásoló litológiai viszonyok vagy tektonikai események feltárásában (DEMOULIN, A. 1998, RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs. ET AL. 2009). A Les-patak (2. ábra jobbra) és a Hatlói-patak esetében megállapított legnagyobb konkávitási értékek, amelyet a vízfolyások a forrásukhoz közel vesznek fel, ami a terület aktív deformációjával állhat összefüggésben. A Bószobi-vízfolyás a legnagyobb konkávitást az esésgörbe középső szakaszán érte csak el, amely hasonló folyamatokra utalhat. A többi vízfolyás esésgörbéje normális lefutást mutat.

A vízgyűjtők jellemzőinek (domborzat, alaki mutatók) vizsgálata szintén az elemzési folyamat részét képezte (2. táblázat), egyszerű kiszámításukat az r.basin bővítmény tette lehetővé (DI LEO, M. 2010). A mintaterület legnagyobb vízgyűjtőit a leghosszabb patakok (Les-patak, Malom-völgyi-patak, Török-patak) vízadó területei jelentik. A vízgyűjtők alakjára vonatkozó indexek alapján megállapítható, hogy azok elsősorban elnyúltak, a kiterjedtebb vízgyűjtők esetében is kicsi a több rendű mellékvízfolyás képződésének lehetősége (HORTON, R. E. 1932). A vízgyűjtők domborzati viszonyairól, fejlettségi állapotáról, domináns felszínalakító folyamatokról ad összehasonlítható információkat a hipszometrikus görbe és a hipszometrikus



2. ábra A kutatási terület völgyeinek jellemző iránya (balra) és a Les-patak normalizált esésgörbéje (jobbra)

2. táblázat A vízgyűjtők hipszometrikus integrálja és a jellemző mutatók

	1	2	3	4	5	6
<b>Ihyp</b>	0.304	0.285	0.459	0.462	0.34	0.381
<b>vgy. területe</b>	14.4 km <sup>2</sup>	43 km <sup>2</sup>	2.6 km <sup>2</sup>	4.5 km <sup>2</sup>	~37 km <sup>2</sup>	~65 km <sup>2</sup>
<b>magasságkülömbőség</b>	475 m	649 m	233 m	272 m	563 m	356 m
<b>fő vízfolyás hossza</b>	12 km	20 km	3 km	5 km	16 km	24 km
<b>elnyúltsági index</b>	0.35	0.38	0.58	0.49	0.44	0.38
<b>alaki index</b>	1.18	2.19	0.83	0.93	2.34	2.7

integrál értéke (PIKE, R. J.–WILSON, S. E. 1971, RUSZKICZAY-RÜDIGER ZS. ET AL. 2005). A hipszometrikus integrál alapján erőteljesen felszabdalt térszínű a Mosoni-patak, a Hatlő-patak és a Les-patak vízgyűjtője, míg a többi térség értéke jobban egyengetett felszínre utal. A 2. táblázat színskálája a vízgyűjtők hipszometrikus integrál alapján való csoportosítása; minél világosabb színnel jelölt, annál fiatalabb a térség.

A kutatás legösszetettebb lépését a hidrogeomorfológiai sajátosságokat reprezentáló raszter felszínek (3. ábra A-C) előállítása jelentette.

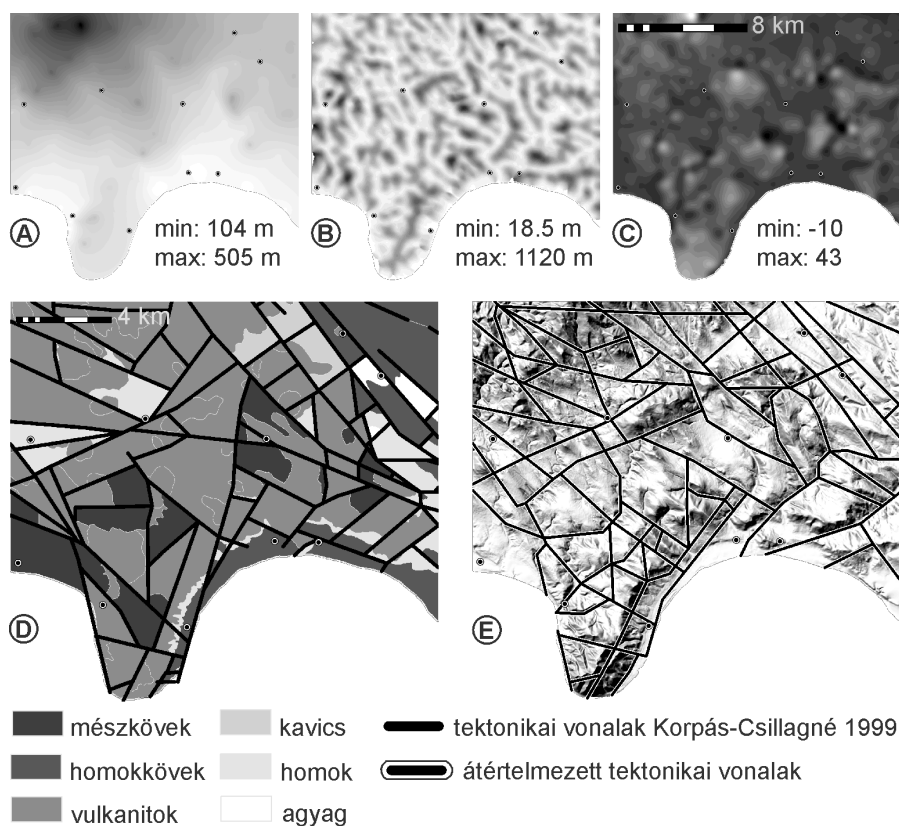
Az eróziós-szint térkép a valós felszín egy olyan egyszerűsített mása, amelyen nem jelenik meg az alacsonyabb rendű vízfolyások eróziója és e felszín hirtelen változásai tektonikus eredetű elváltozásokra, a geológiai viszonyok eltéréseire utalhatnak (JACQUES, P. D. ET AL. 2014, SLAMA, T. ET AL. 2015). A módszer lépései: (1) vízhálózat és szintvonalrajz előállítása; (2) a magasabb rendű vízfolyások (Strahler-féle osztályozás) kiválasztása; (3) a szintvonalak és a vízfolyások kereszteződésénél magassági pontok előállítása; (4) az eróziós-szint térkép interpolációja.

A vízfolyás-sűrűség térkép a térség felszabdaltságának mintázatát mutatja be, amely a geológiai viszonyok feltárásában ad hasznos információkat (TUCKER, G. E. ET AL. 2001, LUO, W.–STEPINSKI, T. 2008). A térkép előállításához az alábbi lépések szükségesek: (1) vízhálózat készítése; (2) adott cella lefolyási viszonyainak megfelelően a vízfolyástól való távolság kiszámítása; (3) az értékek átlagolása a területre jellemző völgy-gerinc távolság kétszeresével. Ez utóbbi lépésre azért volt szükség, hogy kiküszöböljük az egyes vízgyűjtők szerepét; az egymás melletti, de eltérő vízfolyásba lefolyó cellák között se legyen nagy értékbeli eltérés.

Az esés-index térkép a hasonló esésviszonyokkal jellemezhető területek térbeli változásának ábrázolására alkalmas (GÁBRIS GY. 1986, JACQUES, P. D. ET AL. 2014). A raszteres állományok elkészítésének menete: (1) vízhálózat előállítása; (2) patakok folyásirány szerinti szakaszolása; (3) adott egység középpontjára a szakasz eséséből és a hosszából számított esés-index meghatározása ([kezdőpont magasság - végpont magasság] / szakasz hossz \* 100); (4) az esés-index térkép interpolációja.

Az említett három térkép esetében a hasonló karakterisztikájú területek lehatárolása, az anomáliák, az átmeneti zónák felderítése nyújtott támpontot az elérhető geológiai térkép (KORPÁS L.–CSILLAGNÉ T. E. 1999) tektonikai vonalainak





3. ábra A tektonikai vonalak felülvizsgálatában alkalmazott morfolometriai paraméterek, a terület egyszerűsített földtani térképe és az eredményül kapott új tektonikai vonalak (A = eróziós-szint térkép, B = korrigált vízfolyás-sűrűség térkép, C = esés-index térkép, D = földtani térkép Korpás L.–Csillagné T. E. (1999) nyomán, E = átértelmezett lineamentumok térképe)

módosításához. Ehhez jelenleg nem áll rendelkezésre kvantitatív elemzési eljárás, a raszterek vizuális interpretációja volt szükséges. A morfolometriai térképeken a litológiai, tektonikai változásokra utaló elemek halmozódása, ill. a felszín túlmagasított, árnyékolt modelljén kivehető formákhoz való jobb igazodás volt a döntő szempont az elemzésben. A módosítás révén a domborzati sajátosságokban is megmutatkozó tektonikai vonalak megtartásával, azok futásának pontosításával állítottunk elő egy a hidrogeomorfológiai kutatásokban alkalmazható állományt. A már meglévő szerkezetföldtani térkép alkalmazása segítséget nyújtott abban, hogy a tisztán eróziós eredetű elemeket ne tekintsük szerkezeti vonalnak.

A változtatások egyaránt érintették a dombsági- és középhegységi jellegű területeket. Nem emelhető ki egy-egy elkülönült zóna a mintaterületen, ahol a tektonikai vonalak teljesen eltérő mintázata rajzolódott volna ki a morfolometriai paraméterek figyelembe vételével. A litológiai viszonyok változása nem figyelhető meg egyértelműen az új térképen – egyaránt található példa eltérő kőzetekkel borított,

de szerkezeti vonallal nem elválasztott területek (miocén andezit és lajta mészkő) külön vételére, illetve azonos kőzetű (elsősorban mészkő), de korábban felosztott területek összevonására. Az átértelmezett tektonikai vonalak összességében nem mutatnak más karakterisztikákat (hossz, irányultság), mint a meglévő szerkezetföldtani térkép.

## Következtetések

A jelen tanulmányban összegyűjtött morфомetriai paraméterek értékes információkat szolgáltatnak a terület felszínfejlődésének időbeli és térbeli sajátosságairól, a külső befolyásoló tényezők hatásairól. A bemutatott eljárások jó támpontot nyújtanak hasonló geomorфомetriai paraméterekre alapozott kutatások lefolytatására.

Módszertani szempontból tekintve az eredményeinkre megállapítható, hogy a kiválasztott GRASS GIS térinformatikai, valamint R statisztikai szoftverek az elérhető bővítmények révén alkalmasak a teljes munkafolyamat részben automatizált kivitelezésére. Bizonyításra került, hogy a vizsgált morфомetriai paraméterek a megfelelő modulokkal könnyen kiszámíthatóak és látványos megjelenítési lehetőségek is rendelkezésünkre állnak.

A generált raszteres állományok jól reprezentálják a hidrogeomorfológiai viszonyok térbeli változásait, valóban jól értelmezhető, átfogó képet adnak a tektonika hatásairól, így segítségükkel pontosítható volt a rendelkezésre álló szerkezetföldtani térkép.

## Felhasznált irodalom

- BIVAND, R. S. (2000): Using the R statistical data analysis language on GRASS 5.0 GIS database files. – *Computers & Geosciences* 26. (9/10), pp. 1043–1052.
- DEMOULIN, A. (1998): Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe). *Geomorphology* 24, pp. 189–208.
- DI LEO, M. (2010): Working report: Extraction of morphometric parameters from a digital elevation model – Panama. North Carolina State University. p. 13.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. – Második, átdolgozott kiadás. MTA-Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 657–672.
- GÁBRIS GY. (1986): A vízhálózat háromdimenziós vizsgálata. – *Földrajzi Értesítő* 35. (3–4), pp. 269–278.
- GROHMANN, C. H. (2004): Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R. – *Computers & Geosciences* 30., pp. 1055–1067.
- HORTON, R. E. (1932): Drainage-basin characteristics, *Eos Trans AGU* 13 (1), pp. 350–361.
- JACQUES, P. D.–SALVADOR, E. D.–MACHADO, R.–GROHMANN, C. H.–NUMMER, A. R. (2014): Application of morphometry in neotectonic studies at the eastern edge of the Paraná

- Basin, Santa Catarina State, Brazil. – *Geomorphology* 213. pp. 13–23.
- JASIEWICZ, J.–METZ, M. (2011): A new GRAS GIS toolkit for Hortonian analysis of drainage networks. – *Computers & Geosciences* 37. pp. 1162–1173.
- KORPÁS L.–CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E. (1999): A Börzsöny – Visegrádi-hegység és környezetének fedetlen földtani térképe. 1:50 000, MÁFI, Budapest.
- KORPÁS L. (szerk.) (1998): Magyarázó a Börzsöny és Visegrádi-hegység földtani térképéhez. – MÁFI, Budapest, 178 p.
- LÁNG S. (1952): A Börzsöny geomorfológiája I-II. – *Földrajzi Értesítő* 1. (2 3), pp. 315–336, 443–465.
- LÁNG S. (1955): A Márta és a Börzsöny természeti földrajza. – *Földrajzi monográfiák* 1., Akadémiai kiadó, Budapest, 512 p.
- LUO, W.–STEPINSKI, T. (2008): Identification of geologic contrasts from landscape dissection pattern: An application to the Cascade Range, Oregon, USA. – *Geomorphology* 99. pp. 90–98.
- MÁRKUS B. (2010): Térinformatika 11. Interpoláció és domborzatmodellezés. – Digitális Tankönyvtár. URL: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027\\_TEI11/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TEI11/adatok.html)
- PIKE, R. J.–WILSON, S. E. (1971): Elevation-Relief Ratio, Hypsometric Integral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis. *Geological Society of America Bulletin* 82. (4), pp. 1079–1084.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs.–FODOR L.–HORVÁTH E.–TELBISZ T. (2009): Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: A DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. – *Geomorphology* 104. pp. 203–217.
- SLAMA, T.–DEFFONTAINES, B.–TURKI, M. M. (2015): Morphotectonic and Morphodynamic investigations revealed by isobase surface analysis and derived differential mapping using GIS, Teboursook area, northern Tunisia. – *Earth Science Informatics* 8. pp. 759–773.
- TUCKER, G. E.–CATANI, F.–RINALDO, A.–BRAS, R. L. (2001): Statistical analysis of drainage density from digital terrain data. – *Geomorphology* 36. pp. 187–202.

# A TeIR területi tervezést támogató térinformatikai alkalmazásai

Juhász Géza Péter<sup>1</sup> – Vellai Viktória<sup>2</sup>

<sup>1</sup> projektvezető, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., geza.juhasz@lechnerkozpont.hu

<sup>2</sup> térinformatikai munkatárs, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., viktorina.vellai@lechnerkozpont.hu

**Abstract:** The National Regional Development and Spatial Planning Information System (also known as TeIR in Hungarian) is a group of web-based applications. The system operator is the Lechner Knowledge Center and the supervisor organization is the Ministry for National Economy. TeIR provides objective and accurate as well as up-to-date spatial-related information to regional development and spatial planning agencies, partly by satisfying the information needs of central cabinet agencies and partly by ensuring information flow and coordination. The information system has a public version accessible for anyone at <https://www.teir.hu>. This public version displays the full metadata content and the public datasets held by the system. From the processed database the system enables the generation of complex GIS analyses.

## Bevezetés

A társadalom, a gazdaság és a környezet területi jellemzőinek vizsgálatát, változásainak nyomon követését és előrejelzését mindig is kiemelt érdeklődés övezte. Napjainkban az operatív programok, (terület-)fejlesztési koncepciók, rendezési tervek készítésénél – az előbbieket mellett – nem hanyagolható el az ember alkotta létesítmények és a természeti elemek pontos ismerete sem. Megfelelő döntések pedig csak kellően előkészített elemzésekre támaszkodó programok, tervek alapján hozhatók. A térinformatikai alapon működő rendszerek alkalmasak a helyhez kötött információk tárolására, gyors megjelenítésére és összetett elemzésére, így a környezetünk bemutatását szolgáló információs rendszereknél nélkülözhetetlen követelmény a térinformatika alkalmazása. A továbbiakban az *Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszerről* (TeIR) adunk rövid összefoglalást, ill. nyilvános térinformatikai alkalmazásai közül az *Országos fejlesztési tervezést támogató információs rendszer* (TETA) kerül részletesebb bemutatásra.

## A TeIR-ről általában

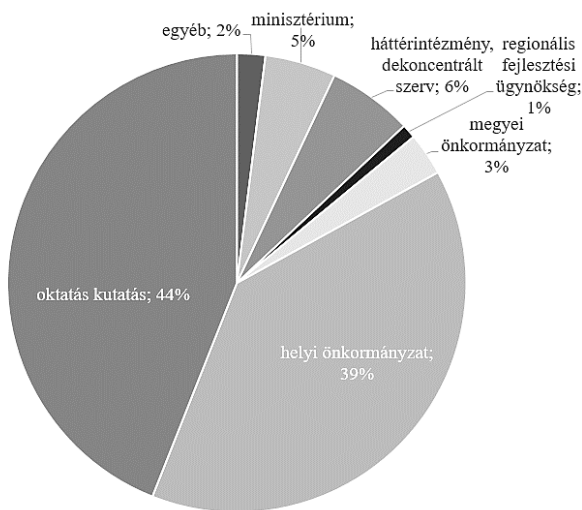
A TeIR működtetésének jogszabályi keretét a területfejlesztésről és területrendezésről szóló 1996. évi XXI. törvény és a területfejlesztéssel és területrendezéssel kapcsolatos információs rendszerről és a kötelező adatközlés rendjéről szóló 31/2007. (II. 28.) Korm. rendelet adja. A Kormány a rendszer

üzemeltetőjeként a Lechner Tudásközpont, Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Kft.<sup>1</sup> -t jelöli ki.

A TeIR célja, hogy a központi, területi és helyi államigazgatási szervek, más jogi személyek, jogi személyiség nélküli gazdasági társaságok, valamint természetes személyek számára (1. ábra) lehetőséget biztosítson az ország népességének, gazdaságának, épített, táji és természeti környezete állapotának, területi jellemzőinek megismerésére, változásainak figyelemmel kísérésére és európai uniós összehasonlítására. Kiemelt feladata, hogy segítséget nyújtson a kormányzati, regionális, térségi, megyei, járási, települési fejlesztési és rendezési, egyéb térségi, valamint ágazati tervezési, fejlesztési tevékenységet végző és azt ellenőrző szervezetek számára. Emellett fontos célja, hogy információt szolgáltatson az adatok és ezek feldolgozása során nyert mutatók, elemzések megjelenítésével, valamint a területfejlesztési, területrendezési, településfejlesztési és településrendezési tervek, szöveges és térképi dokumentumok bemutatásával.

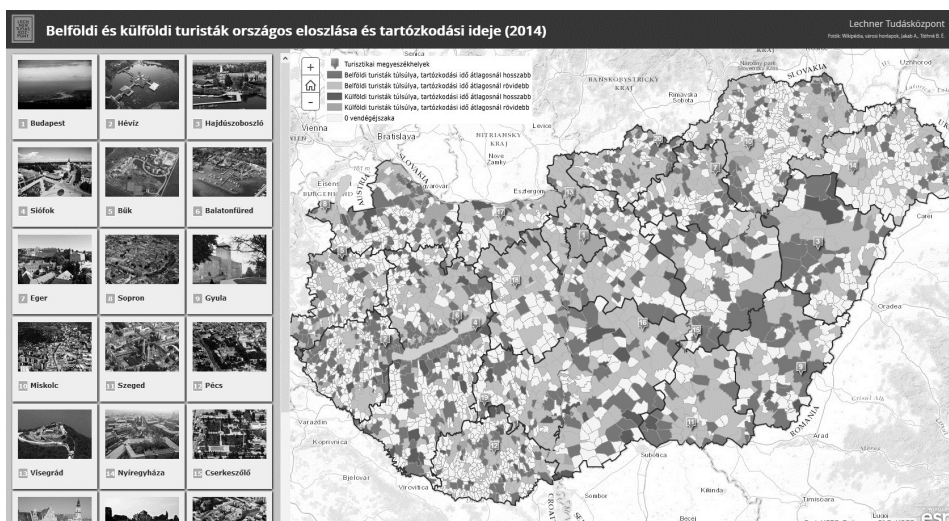
A TeIR web-alapú informatikai rendszer (<https://www.teir.hu>), amelynek szolgáltatásai az Interneten keresztül érhetők el. Az országos, területi (regionális, kiemelt térségi, megyei, járási) és települési szervezetek a TeIR egységes adatbázisát az alkalmazási rendszeren (felhasználói felületen) keresztül érhetik el. A TeIR rendszernek számos olyan alkalmazása van, amely nem regisztrációhoz kötött, így bárki számára hozzáférhető.

A Lechner Tudásközpont ezek mellett havontapublikál egy TeIR adatokra épülő interaktív térképet (<http://gis.lechnerkozpont.hu/foldgomb/>), amelynek statikus változata – és a hozzá íródott cikk – a Földgömb magazin Tér-Figyelő rovatában tekinthető meg. Legyen szó közúti elérhetőségről, ivóvíz-fogyasztásról, vagy turizmusról: a TeIR nagyszámú helyhez kötött adatkörrel rendelkezik, amelyekből



1. ábra TeIR felhasználók megoszlása intézménytípusonként

<sup>1</sup> 1111 Budapest, Budafoki út 59. E/3. ép. Tel.: (+36) 1 279 2640 Fax: (+36) 1 279 2610



2. ábra Belföldi és külföldi turisták országos eloszlása és tartózkodási ideje (2014)  
interaktív térképen

korszerű térinformatikai módszereket használva izgalmas és hiánypótló elemzések készíthetők.

Legutóbb a belföldi és külföldi turisták országos eloszlása és tartózkodási ideje került bemutatásra 2014-es adatok alapján (2. ábra). Az interaktív térkép elérhető a <http://lechnerkozpont.hu/cikk/a-balatonon-hosszabb-a-velencei-tonal-rovidebb-ideig-nyaralunk> oldalon.

## WMS a TeIR-ben

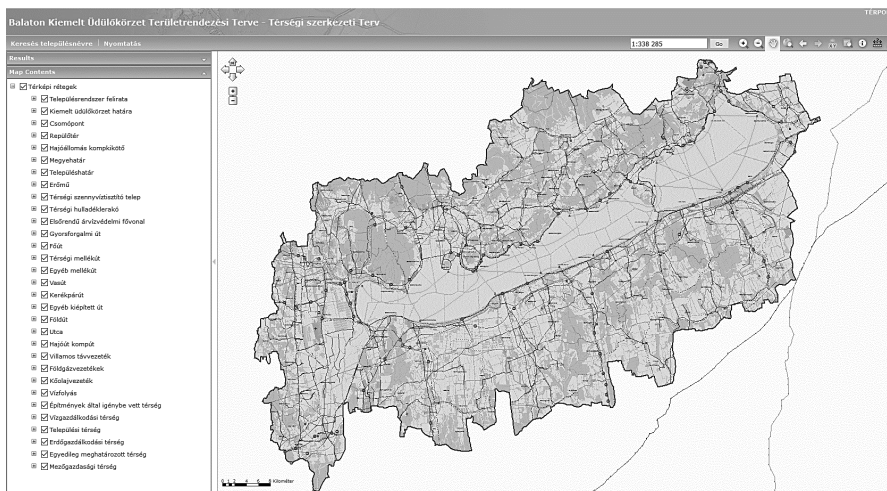
A Web Map Service (WMS) szolgáltatás térinformatikai adatbázis rétegeit képes beolvasni az interneten keresztül úgy, hogy a térképet a szerver oldalon egy georeferált raszterképpé (JPEG, PNG, GIF) konvertálva küldi át a kliensnek (3. ábra).

A TeIR nyilvános főoldalán, a *Térinformatikai alkalmazások - térképi adatbázisok* ([https://www.teir.hu/index\\_terinformatika.html](https://www.teir.hu/index_terinformatika.html)) felületen Területrendezési tervek, Szakági térképek és Balaton vízpart-rehabilitációs tanulmánytervek ([https://www.teir.hu/wms\\_balaton/](https://www.teir.hu/wms_balaton/)) WMS állománya érhető el. A szolgáltatás minden olyan térinformatikai szoftverben használható, amely képes a WMS szabvány szerint érkezett adatok fogadására.

## Helyzetelemzés a TETA-val

Az Országos fejlesztési tervezést támogató információs rendszer (TETA) készítésének célja egy területi tervezést segítő alkalmazás létrehozása volt, amely lehetővé teszi a fejlesztési tervek egyeztetését, valamint az elkészült dokumentumok összehasonlítását és elemzését. A TETA komplexitásának köszönhetően egyaránt





segíti a tervezést és a kapcsolattartást a tervezésben résztvevő szereplők között, biztosítja a tudásmegosztást, a programok monitoringját, valamint a tervekben meghatározott számszerűsíthető célokhoz rendelt indikátorok nyomon követését.





5. ábra Debrecen MJV népsűrűsége 100 x100 méteres négyzetekre osztott rácshálón (2014)

A fejlesztési és tervezési folyamatokkal összefüggő jogszabályok, alapidokumentumok elérésére a Dokumentumtár alkalmas (GEOX KFT. 2014A).

## Települési szint alatti adatbázis

Mindezek mellett a TETA részletes intézmény-ellátottsági információkkal is szolgál a 20 000 főnél nagyobb népességszámú városokra. Főkategóriái:

- Infrastruktúra;
- Ipar és mezőgazdaság;
- Kereskedelem;
- Oktatás és egészség;
- Sport és szórakozás;
- Szállás és étkezés;
- Szállítás és közlekedés.

A városi szintű tervezés és a projektek összehangolásának megkönnyítése érdekében megyei jogú városokra 100 x 100 méteres rácsháló illeszthető (5. ábra), amely egyes településrészek összehasonlítását teszi lehetővé különböző társadalmi és gazdasági mutatók (vásárlóerő, ingatlanár, jövedelmi viszonyok, gyermek- és időskorúak aránya, népsűrűség és beépítettség) alapján.

A jelenleg 2014-re elérhető intézmény-ellátottsági információkat és utca szinten elérhető adatbázis tartalmát a GeoX Kft. szolgáltatja (GEOX KFT. 2014B), részletes módszertani dokumentáció pedig a cég honlapján található (<http://www.geoindex.hu/>).

## **Jövőkép – TeIR és Smart City**

Az angol nyelvű „Smart City” elnevezést nem csak „okos város”-ként fordíthatjuk, hanem „korszerű-”, „emberközpontú-” vagy talán leginkább „élhetőbb város”-ként. Egy várost akkor nevezünk okosnak, ha fenntartható gazdasági fejlődését a hagyományos és digitális infrastruktúrába, humán és társadalmi tőkébe való kiegyensúlyozott befektetés révén, az érintett közösség érdekeltjeinek bevonásával, aktív részvételével, környezettudatos módon éri el (LECHNER TUDÁSKÖZPONT 2016).

A TeIR széleskörű adattartalma megkönnyítheti az Okos város koncepciók elkészítését, ill. a jövőben alkalmas lehet azok tervkataszterben történő tárolására, egyeztetésére és véleményezésére.

## **Felhasznált irodalom**

1996. évi XXI. törvény a területfejlesztésről és területrendezésről

31/2007. (II. 28.) Korm. rendelet a területfejlesztéssel és területrendezéssel kapcsolatos információs rendszerről és a kötelező adatközlés rendjéről

GEOX KFT. (2014a) – TETA rendszerterv

GEOX KFT. (2014b) – APOI adatbázis műszaki leírás pp 9-13.

LECHNER TUDÁSKÖZPONT (2016) – Okos város fejlesztési modell, Tervezési útmutató  
<http://lechnerkozpont.hu/doc/okos-varos/okos-varos-fejlesztési-modell-tervezési-utmutato-munkaanyag-v02-160325.pdf>

# A comparative accuracy analysis on combined GPS/GLONASS/EGNOS

Anita Karika<sup>1</sup> – Dániel Balla<sup>2</sup> – Gergely Szabó<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD student, University of Debrecen, Department of Physical Geography and Geoinformatics, karika.anita@gmail.com

<sup>2</sup> PhD student, University of Debrecen, Department for Landscape Protection and Environmental Geography, balla.daniel@science.unideb.hu

<sup>3</sup> Assistant professor, University of Debrecen, Department of Physical Geography and Geoinformatics, szabo.gergely@science.unideb.hu

**Abstract:** Main subject of this study is to provide a description of positioning in terms of horizontal accuracy under clear-sky conditions on a large, flat surface area at the Campus of University of Debrecen. This area was suitable to set up our equipments and deploy 25 points on the ground. We used four different GPS receivers, with different modes (RTK, code correction, carrier phase, post-processing). The best result was obtained by RTK and the worst result was yielded by the device with code correction. We were able to check the connection among the autonomous mode, GPS and GLONASS combination and EGNOS mode, which showed that the EGNOS mode can provide higher vertical accuracy.

## Introduction

GPS devices are already part of our daily routine, which relate to new or increasing requirements. Accuracy of GPS positioning can be improved not only by augmentation navigation systems (EGNOS, WAAS, MSAS, SNAS, GAGAN etc.), but by some receivers' specification as well. We can distinguish static and kinematic, absolute and relative surveying. HALL ET AL. (2008) used autonomous GPS surveying during 2 weeks. They analyzed the vertical and horizontal accuracy in 5–30 min interval. VALBUENA ET AL. (2010) searched the horizontal and vertical component of the absolute error using GPS/GLONASS receivers. Their study was also based on the recording intervals (5–15 min) and determined that better result can be gained with the simultaneous usage of GPS and GLONASS navigation systems. NAESSET ET AL. (2001) mentioned that the survey should be focused on the number of the satellites and the fixed dual frequency, because this can provide the most accurate values. Furthermore, they found that there was no significant difference between the fixed single-frequency and float dual-frequency solutions. VALBUENA ET AL. (2010) has explained well, that the differences in HDOP (Horizontal Dilution of Precision) and VDOP (Vertical Dilution of Precision) due to the condition of the receivers, canopy or the status of the constellation. ANDERSEN ET AL. (2009) worked with GLONASS as well, and concluded that the accuracy could be improved with it. But they determined that a 5-10 minutes long measurement is not enough to get a good result for it. There are many studies for the nexus of the equipments, e.g. ARNOLD ET AL. (2011), who

had a hypothesis test for the connection type of the receivers; they found that there was a significant difference among the type of the receivers. SERR ET AL. (2006) used several equipments and got a conclusion for the ROI (return on investment): the high-cost receivers can be used for accuracy surveying. There are some factors, which can obstruct accuracy of the GPS receivers, such as the canopy or buildings. In this case, they said that correlation is low between the cost of the equipment and the accuracy (WEIH ET AL. 2009). ZUPAN ET AL. (2007) used some functions to find the connection between the real readings of accuracy values and the calculated accuracy values. He found that there is no correlation between these two measuring methods, so there is no way to estimate any accuracy from each other. In this study our main goal was to reveal, how the equipment's specifications and mode can fittingly bias the GPS accuracy.

### Material and methods

The study area was a flat, open place at the University of Debrecen, where we marked out 25 points on the ground in cross-shape with some auxiliary points. (Figure 1). The distance between the points was random, because our aim was to use the territorial dimension as much as possible. The four GPS receivers had different characteristics. *I. Equipment's specifications:* code phase, 20 channels, L1 antenna, low-cost receiver. *II. Equipment's specification:* code phase, 12 channels, L1 antenna, lowest-cost receiver between four of them. *III. Equipment's specification:* post-processing correction, carrier phase, L1 antenna, medium-cost receiver. *IV. Equipment's specification:* RTK (real-time kinematic), carrier phase, 220 channels, L1, L2, L5 antennas, high-cost receiver. We used a Focus 8 total station to collect the

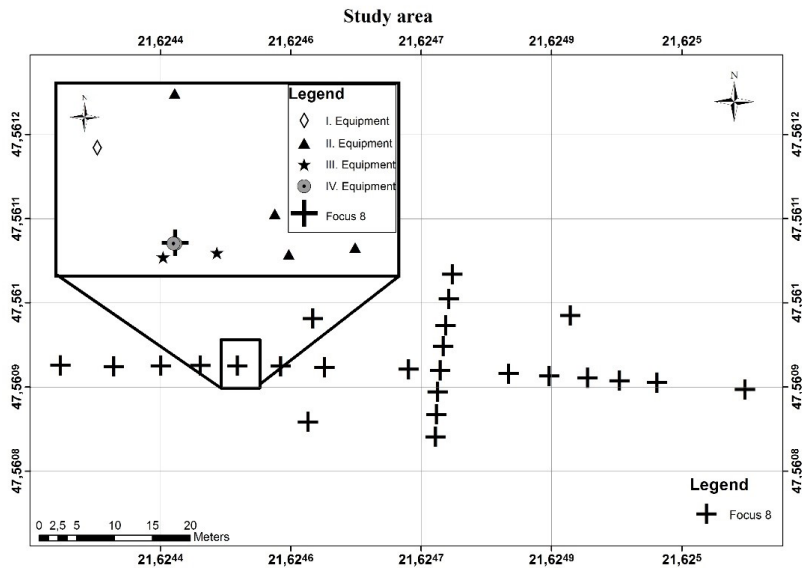


Figure 1. Surveyed points in the study area with one example

reference data, and all calculations were built to this equipment.

Data collection was based on some equipments specifications. We aimed to reveal how the accuracy changed with different recording modes. First of all, we recorded data simultaneously by autonomous mode, then set the receivers for EGNOS, GPS with GLONASS and GPS and GLONASS with EGNOS mode. The recording period was 1 min for each of the receivers to simulate a real situation when we use the GPS receiver for field work. We used the result to calculate the horizontal and vertical position accuracy. Moreover, we complemented the survey with an extra equipment so we used a leveling device for vertical accuracy.

For the analysis, we determined the standard deviation, minimum, maximum and mean values in the Microsoft Excel. All calculation in Excel was used to obtain horizontal and vertical positional absolute errors.

## Results

### *Horizontal accuracy*

According to our aims we to determined the horizontal accuracy. We collected data with four receivers at the same time in autonomous mode, then changed the settings for EGNOS, GPS and GLONASS, and GPS and GLONASS with EGNOS mode. First, we analyzed the standard deviation for each mode, then we found that there was a small difference between the recorded data with different mode from this perspective. The best result was gathered by RTK configuration, and the next best result was gained with post-processing correction. However, the largest difference between the standard deviation of the recording mode was in the case of the post-processing mode; when the difference between the standard deviation of the autonomous and EGNOS mode was almost 50 cm (43 cm), which indicates that all

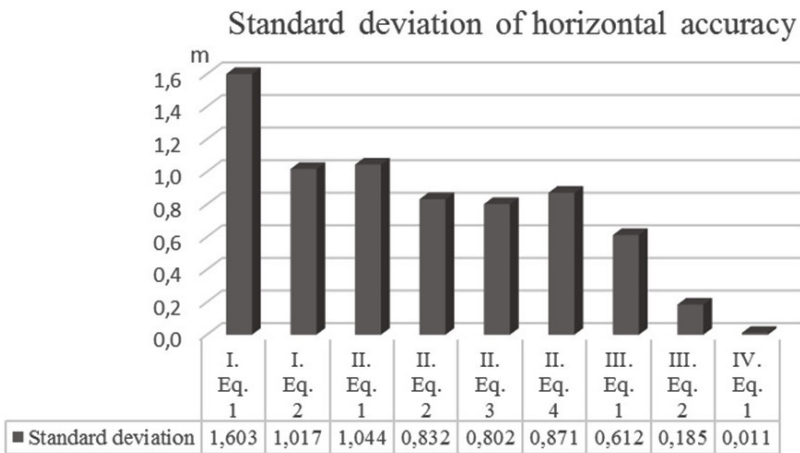


Figure 2. Standard deviation of horizontal accuracy (Eq. = Equipment 1=Autonomous, 2= EGNOS, 3= GPS and GLONASS, 4= GPS and GLONASS with EGNOS)

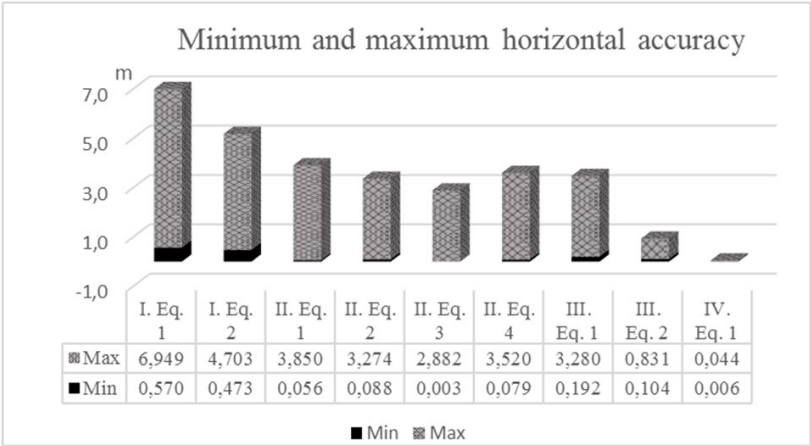
recorded data point's value in autonomous mode is spread out over a wider range of values. All standard deviations of II. equipment are still close to each other with high values, so they are quite far from the expected values, but still the dispersion of the set of the values was similar. We found the worst result by another code phase measuring device, I. equipment, in which the difference was more than 60 cm between the standard deviation of values in autonomous and EGNOS mode, so the recorded data in autonomous mode was much worse than in any other case (*Figure 2*).

We analyzed the minimum and maximum values of horizontal position accuracy. All receivers had errors more than 10 cm for the minimum values, except the RTK mode and II. equipment in GPS and GLONASS mode, which are just some mm. We got that the worst result by I. equipment in all modes, when the maximum horizontal position accuracy error is 6.9 m and 4.7 m, which is two times higher than any others (*Figure 3*).

### Vertical accuracy

We used the leveling device and the data measured by Focus 8 to determine the vertical positioning accuracy. As we expected, the best result was supplied by RTK configuration, which was just some cm different from GCPs (Ground Control Points). All II. equipment data were in similar interval, so we could not recognize relevant differences among the surveying mode in standard deviation aspect. However, the III. equipment was stable and high-quality device, which had good results in EGNOS mode, but in autonomous mode the standard deviation was high (*Figure 4*)

The range of the vertical accuracy values was wide (*Figure 5*). The RTK configuration had the best result. Nevertheless, the values of receiver with post-processing were within broad limits and the EGNOS results were more accurate than the autonomous. We yielded the same achievement with the II. equipment that the best result was with the EGNOS mode. That proved the fact that using EGNOS can



*Figure 3. Minimum and maximum of horizontal accuracy (Eq. = Equipment 1=Autonomous, 2= EGNOS, 3= GPS and GLONASS, 4= GPS and GLONASS with EGNOS)*

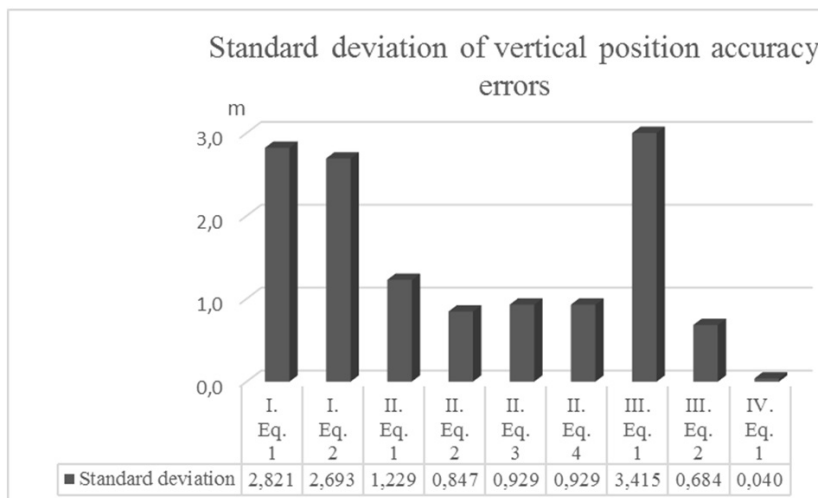


Figure 4. Standard deviation of vertical accuracy (Eq. = Equipment 1=Autonomous, 2= EGNOS, 3= GPS and GLONASS, 4= GPS and GLONASS with EGNOS)

refine the vertical positioning accuracy. From all point of view the I. equipment had the worst result. The maximum vertical accuracy was around 15 m (13,7 m), which is extremely high in comparison to others. In the minimum vertical accuracy case, the I. equipment with code phase had the error value higher than 1 m, which was really impressive achievement. That means that the other 3 receivers were able to provide reliable values which we can use in any form and in any situation.

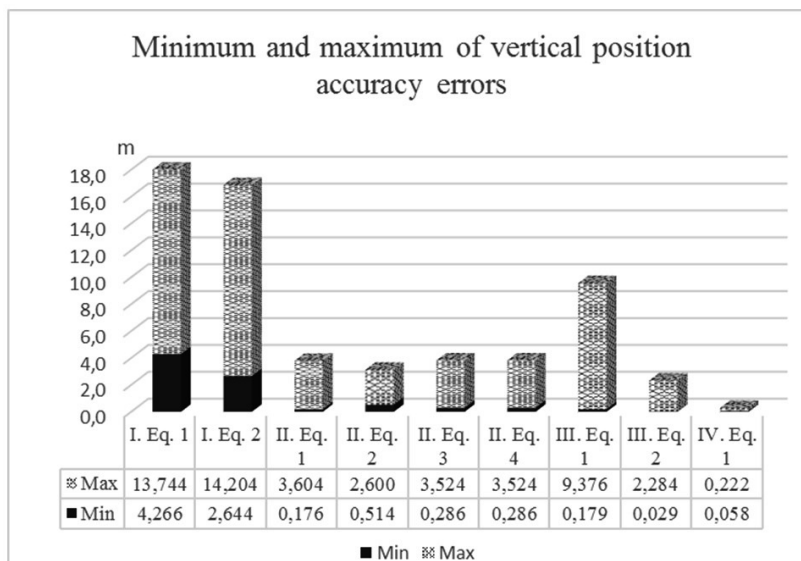


Figure 5. Minimum and maximum values of the vertical accuracy (Eq. = Equipment 1=Autonomous, 2= EGNOS, 3= GPS and GLONASS, 4= GPS and GLONASS with EGNOS)



## Conclusion

This study showed us that the equipment's specifications and mode can relevantly bias the GPS accuracy. The II. equipment had some interesting result such as the values of the autonomous mode were more accurate than the recorded values in other mode. Moreover, the receiver's accuracy with RTK were the best with some mm and cm in all cases. There are relation between the unit's specifications and the accuracy, which prove the fact that with some specification could get higher accuracy horizontally. In other cases, we can lay down that the EGNOS can improve the accuracy vertically more than horizontally, especially by II. and III. devices.

## Acknowledgment

This work was supported by the University of Debrecen (RH/751/2015).

## References

- ANDERSEN, H.E.–CLARKIN, T.–WINTERBERGER, K.–STRUNK, J. (2009): An accuracy assessment of positions obtained using survey- and recreational-grade Global Positioning System receivers across a range of forest conditions within the Tanana valley of interior Alaska. *Western Journal of Applied Forestry* 24(3), pp. 128–136.
- ARNOLD L. L.–ZANDBERGEN P.A. (2011): Positional accuracy of the Wide Area Augmentation System in consumer-grade GPS units. *Computers and Geosciences* 37, pp. 883–892.
- HALL, K. W.–COOPER, J.K.–LAWTON, D.C. (2008): GPS accuracy: Hand-held versus RTK. CREWES Research Report, 20. pp. 1–10.
- NAESSET, E.–BJERKE, T.–OVSTEDAL, O.–RYAN, L.H. (2000): Contributions of Differential GPS and GLONASS observations to point accuracy under forest canopies. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 2000 April. pp. 403–407.
- SERR, K.–WINDHOLZ T.–WEBER K. (2006): Comparing GPS Receivers: A field study. [http://giscenter.isu.edu/research/techpg/nasa\\_weeds/pdf/Ch14.pdf](http://giscenter.isu.edu/research/techpg/nasa_weeds/pdf/Ch14.pdf)
- VALBUENA R.–MAURO F.–RODRIGUEZ-SOLANO R.–MANZANERA J. A. (2010): Accuracy and precision of GPS receivers under forest canopies in a mountainous environment. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8(4), pp. 1047–1057.
- WEIH R.C.–GILBERT JR. M.–CROSS J.–FREEMAN D. (2009): Accuracy assessment of Recreational and Mapping Grade GPS Receivers. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, pp. 163–168.
- ZUPAN, R.–LAPINE, M. (2007): Testing precision of measurements with hand-held GPS-device GPSMAP 76CS. <http://kig.kartografija.hr/index.php/kig/article/view/608/1166>

# Gémeskutak geoinformatikai adatbázisának kialakítása egy alföldi mintaterületen

Kiss Balázs

egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem TTK, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék  
Geográfus MSc Geoinformatika szakirány, kubu0222@gmail.com

**Abstract:** I have analyzed the numerical and spatial distribution of draw wells, using map sources in a nearly 160-square km-sample area on the border of Nagykunság and Hortobágy, as well as I have fixed the present condition of 45 wells by a special health check. From the 18th century until the middle of the 20th century their number went up more than six fold, while in the latter decades there have been a significant decline in them. Most of today still existing draw well can be found in farm yards where in the surroundings mainly meadow and grassland farming are typical. They can be found in a far greater number in some sample points of Hortobágy, dominated by grasslands than in Nagykunság, dominated by fields. Fortunately these wells equipped by water hoist mechanism, representing a landscape value are of a great mass (60 per cent). Their water is even suitable for watering animals, except the disused wells in populated areas.

## Bevezetés

A Kárpát-medence legelőként hasznosított területein, főként jószágállások közelében szerencsére még napjainkban is viszonylag sok helyen találkozhatunk az Alföld jelképének számító gémeskutakkal. A nagy művészeket, költőket is megihletett „Alföld óriásai” sajnos a nagyüzemi mezőgazdaság térhódításával, különösen a 20. század közepétől rohamos ütemben pusztulásnak indultak, jelenleg többségük használaton kívül van. Szerencsére az utóbbi években egyre több erőfeszítést tettek ezek megőrzésére. Az Európai Unió Tanácsa a közös agrárpolitikára vonatkozóan 2009. január 19-én meghozott 73/2009/EK rendelete jelentette a gémeskutak hosszú távú megőrzése szempontjából az első fontos mérföldkövet. A 2010-ben megszületett 32/2010. (III. 30.) FVM rendelet értelmében, a közösségi kötelezettségeknek megfelelően, a HMKÁ feltételrendszerébe két sajátos hazai tájképi elem, a kunhalmok és a gémeskutak megőrzésének követelménye került rögzítésre (ÁRGAY ET AL. 2013).

Tanulmányomban azt a célt tűztem ki, hogy a Nagykunsághoz tartozó Tiszafüred-Kunhegyesi-sík, valamint a Hortobágy határán elterülő mintaterületen megvizsgáljam a gémeskutak utóbbi évszázadok során bekövetkezett számbeli változását. Ezen kívül jelenlegi állapotukról és néhány kútgyöngör vizének vízkémiai paramétereiről is információkat akartam gyűjteni. A mintaterület kijelölésénél fontos szempont volt számomra, hogy eltérő arculatú alföldi kistájakon tudjam összehasonlítani ezen egyedi tájértékek mennyiségi és minőségi jellemzőinek változásait. A Nagykunság északi részén az Északi-középhegység felől érkező pleisztocén vízfolyások hordalékkúpot építettek, melyek felszínén az uralkodó

északias szelek félig kötött futóhomokformákat építettek. Itt tehát uralkodóan a magasabb fekvésű, hátságok jellemzőek, melyek alatt nagyobb mélységben találjuk a talajvizet (BORSY 1989; FÉLEGYHÁZI ET AL. 2004). A Hortobágy viszont egy alacsony ártéri területként értelmezhető, amely a folyószabályozások előtt felszíni vizekben rendkívül gazdag volt. A folyószabályozások után az elmaradt tiszai áradások miatt a területe kiszáradt és kiterjedt másodlagos szikesedés zajlott felszínén (FÉLEGYHÁZI–TÓTH 2003; TÓTH 2004; TÓTH ET AL. 2015). A szikeroziós mikroformák tagolta sziki gyepek kiváló jószág legelőnek bizonyultak (NOVÁK–TÓTH 2016), amelyeken indokolt volt nagyszámú gémeskutat létesíteni. Ezek a kutak a felszínhez lényegesen közelebb elhelyezkedő talajvízszintet csapolják meg.

## **Anyag és módszer**

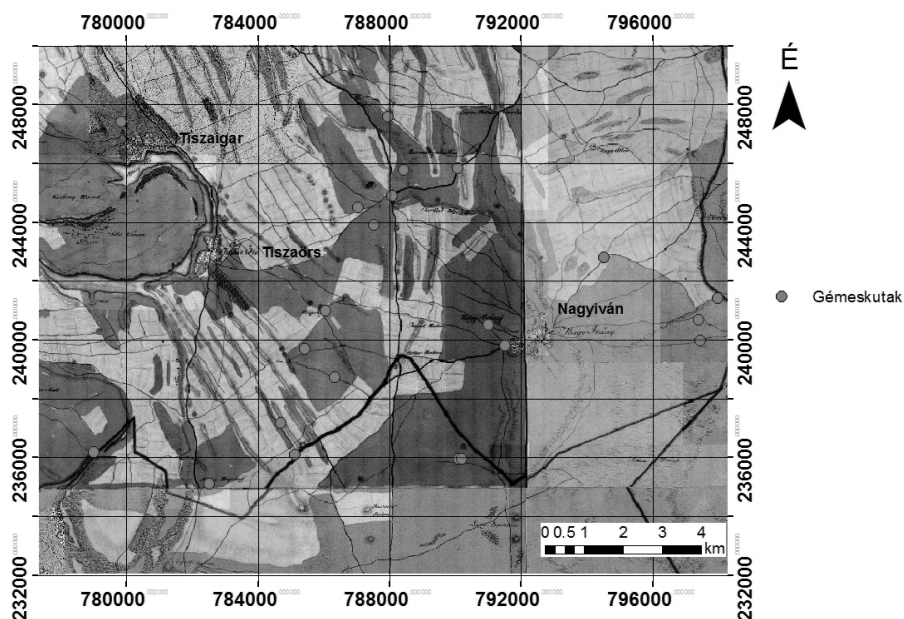
Kutatásomban a Hortobágy és a Nagykunság határán, Nagyiván és Tiszaörs települések közötti közel 160 km<sup>2</sup>-es mintaterületre eső, jelenleg még meglévő 45 db gémeskút terepi azonosítását és adatlapos állapotfelmérését tűztem ki célul. További célom volt a 18. századtól napjainkig, az I., II. katonai felmérési és EOTR topográfiai térképforrások felhasználásával a gémeskutatok számbeli és térbeli eloszlásának vizsgálata, illetve 10 db gémeskút hidrológiai jellemzőjének (pH, vezetőképesség, kloridion, ammóniumion, nitrit, nitrát, ortofoszfát-ion) meghatározása.

A terepi vizsgálatok során egy előre kidolgozott felmérőlapra rögzítettem a gémeskutatok jelenlegi állapotát (TÓTH ET AL. 2013), a helyzetüket Garmin Etrex Legend GPS készülékkel határoztam meg. Az adatok feldolgozásához ArcGIS és Surfer szoftvereket használtam fel. A kutakból származó vízminták kémiai elemzését a DE Földtudományi Intézet laboratóriumában végeztem el a vonatkozó magyar szabványok figyelembevételével.

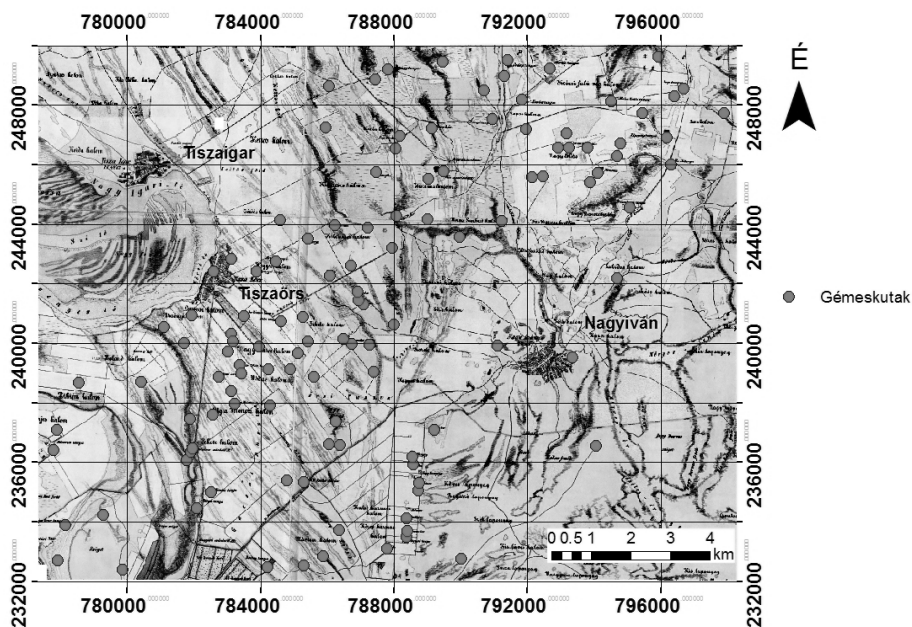
## **Eredmények**

A 18. században lezajlott I. katonai felmérés eredményeként megbizonyosodhattunk arról, hogy Magyarország területén még viszonylag kevés gémeskút létezett, így volt ez a Nagykunság és a Hortobágy esetében is. A folyószabályozásokat megelőző időszakban az Alföld jelentős része időszakosan vagy állandóan vízjárta ártéri terület volt. A mintaterületen fellelhető 22 db faszerkezetű kút többségében a homokbuckás hátságok területén, a folyókáton és belterületeken helyezkedett el, a vizenyős, mocsaras területeken a kiépítésükre nem volt szükség (*1. ábra*). A jószágok itatása ekkoriban még zömmel az állandó és időszakos folyó- és állóvizekről, nyílt vizekről történt. Ezeket nevezzük természetes itatóhelyeknek.

A 18. század végétől egészen a 19. század végéig a gémeskutatok számában jelentős, csaknem hatszoros növekedés volt kimutatható (*2. ábra*). A mennyiségi változás hátterében több tényező is állt. A kutak darabszámának gyarapodására egyrészt a folyószabályozások, ármentesítések és lecsapolások, másrészt a nyíltvízi

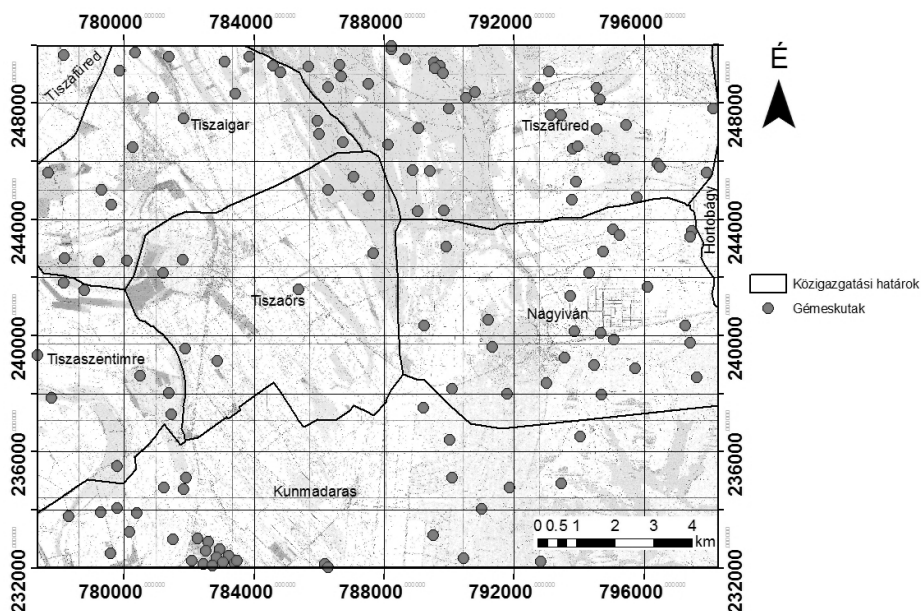


1. ábra A mintaterület gémeskútjai az I. katonai felmérés térképszelvényein (22 db)  
(saját szerkesztés)



2. ábra A mintaterület gémeskútjai a II. katonai felmérés térképszelvényein (119 db)  
(saját szerkesztés)



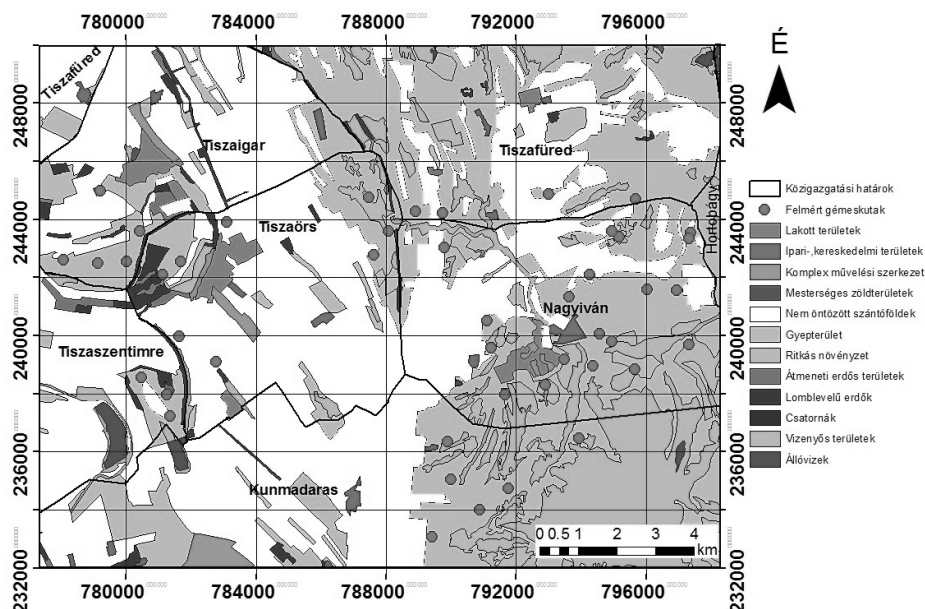


3. ábra A mintaterület gémeskútjai az EOTR térképszelvényeken (137 db)  
(saját szerkesztés)

ítatás betiltása volt pozitív hatással. Az 1846-ban megkezdett folyószabályozással a nyíltvízi területek aránya jelentősen lecsökkent (különösen a Hortobágyon), amely nagyszámú gémeskút kialakításához vezetett a külterületen (BOTÁR–KÁROLYI 1971). A 19. század végén még többnyire a mintaterület középső, a legmagasabb tszf.-i magasságú sávjában szaporodtak meg a kutak. A legmélyebb árterek, mélymocsarak és folyómedrek környéke még nem kedvezett a nagy jószágállomány legeltetésnek, ezzel együtt a gémeskutak létesítésének sem.

Az ármentesítések után továbbra is szükség volt a kutakra, ezért nem álltak le az ásásukkal. Gyarapodásuk a 20. század közepéig folytatódott. A 3. ábra jól mutatja, hogy a gémeskutak többnyire áthelyeződtek a főként szántóként hasznosított homokbuckás vidékekről a jó legelőterületnek bizonyuló lefűződött folyómeder kanyarulatok belső zugaiba és a mélyebb ártéri laposokba.

A 4. ábrán a 2014 nyarán felmért gémeskutak láthatóak. Ha az általam felmért kutak számát és területi eloszlását szeretném összevetni a 2. és a 3. ábrán szereplő kutakkal, akkor bizony nagy különbség fedezhető fel. A drasztikus csökkenés hátterében több tényező is áll. Véleményem szerint a tanyavilág felszámolása volt legerősebb hatással a számbeli csökkenésükre, viszont napjainkban a legelő jószágállomány csökkenése, az infrastruktúra fejlődése és az intenzív szántóföldi művelés jelenti az elsődleges problémát. A 4. ábráról jól leolvasható, hogy a még megmaradt gémeskutak szinte kivétel nélkül gyepterületeken helyezkednek el, főképpen a Hortobágyon fekvő Nagyiván határában vészelte át sok kút az elmúlt



4. ábra A 2014 nyarán terepen megvizsgált gémeskutak elhelyezkedése a mintaterületen (45 db) (saját szerkesztés)

évtizedek pusztításait.

A mintaterület terepbejárása során a 45 megvizsgált gémeskút mellett 20 db eltűnt kútat jegyeztem fel (5. ábra). A nyoma vesztett gémeskutak esetében azoknak a koordinátáját vettem fel és jelenítettem meg a térképen, amelyek helyén valami mélyedésre utaló jelet vagy a felszínre kibukkanó tégladarabot véltem felfedezni. Elsősorban szántóföldi területekről, valamint a szántóföldi művelés és a gyepterületek mezsgyéjéről tűntek el ezek a tájértékek, melyek az idők folyamán szükségtelenné váltak. Több esetben viszont a talajvíz minőségének a romlása vezetett a kút felszámolásához, betemetéséhez. Az EOTR térképek felmérése óta (1980) majdnem 100 kút tűnt el a mintaterületről.

A gémeskutak állapotjellemzőinek felmérése után megállapítottam, hogy a legtöbb ma is meglévő gémeskút még mindig tanyaudvaron helyezkedik el. Terepi bejárásom alkalmával többnek a közelében kunhalmokat, csatornákat és lakóházakat találtam. Környezetükben döntő többségében a rét- és legelőgazdálkodás jellemző, míg három kút esetében a belterjes állattenyésztés a meghatározó. A gémeskutak lényegesen nagyobb számban fordulnak elő a zömmel legelő dominanciájú hortobágyi mintaterületrészen, mint a szántóföldek uralta nagykunsaín. Szerencsére még a vízkiemelő szerkezettel ellátott kutak többségben (60%). A terepen mért talajvízállás jelentősen különbözik a két település kútjaiban: a tisaörsi gémeskutakban 3,5–5 m, míg a nagyvívani kutakban 0,7–1,5 m-es talajvízmélységet mértem. Továbbá kutatásom során a felszín alatti vizek kémiai jellemzőit határoztam





## Felhasznált irodalom

- ÁRGAY Z.–BALCZÓ B.–TÓTH P. (2013): A kunhalmok megőrzésének hagyományos és új módjai, szereplői. *A Falu* 28 (1): pp. 69–80.
- BORSY Z. (1989): Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete. *Földrajzi Értesítő* 38: pp. 211–224.
- BOTÁR I.–KÁROLYI ZS. (1971): A Tisza szabályozása I. rész (1846–1879), *Vízügyi Történeti Füzetek* 3. Budapest. pp. 18–28.
- FÉLEGYHÁZI E.–SZABÓ J.–SZÁNTÓ ZS.–TÓTH CS. (2004): Adalékok az Északkelet-Alföld pleisztocén végi, holocén felszínfejlődéséhez újabb vizsgálatok alapján. In: Barton G.–Dormány G.–Kovács F. (szerk.) *Táj, tér, tervezés: Geográfus Doktoranduszok VIII. Országos Konferenciája tudományos közleményei*. Szeged. pp. 58.
- FÉLEGYHÁZI E.–TÓTH CS. (2003): Adatok a Hortobágy pleisztocén végi fejlődéstörténetéhez. In: Tóth Albert (szerk.) *Tisza-völgyi tájváltozások. Alföldkutatásért Alapítvány, Hortobágyi Nemzeti Park, Kisújszállás – Debrecen*. pp. 65–74.
- NOVÁK T. J.–TÓTH CS. A. (2016): Development of erosional microforms and soils on semi-natural and anthropogenic influenced solonchic grasslands. *Geomorphology* 254: pp. 121–129.
- TÓTH CS. (2004): A kunhalmok geomorfológiai és tereptani viszonyainak vizsgálata a Nagykunság, a Hajdúság és a Hortobágy térségében. In: Tóth Albert (szerk.) *A kunhalmokról más szemmel. Alföldkutatásért Alapítvány, Hortobágyi Nemzeti Park. Kisújszállás – Debrecen*. pp. 129–166.
- TÓTH CS.–NOVÁK T. J.–KOZMA CS.–EGYED G. (2013): Védendő európai tájértékeink a gémeskutak és a kunhalmok: A gémeskutak kataszteri nyilvántartásba vételének és a kunhalmok állapotváltozás-vizsgálatának tanulmányterve. *Kutatási jelentés. Kisújszállás*. pp. 1–132.
- TÓTH CS.–NOVÁK T.–RAKONCZAI J. (2015): Hortobágy Pusztá: Microtopography of alkali flats. In: Lóczy D. (ed.) *Landscapes and Landforms of Hungary*. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V., pp. 237–246.



# Úton a Smart City felé. Alternatív energiaforrás becslése GIS támogatással

Kiss Levente<sup>1</sup> – Ladányi Richárd<sup>2</sup>

<sup>1</sup> tudományos munkatárs Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.  
levente.kiss@bayzoltan.hu

<sup>2</sup> tudományos munkatárs Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.  
richard.ladanyi@bayzoltan.hu

**Abstract:** The main aim of this paper is providing technical information on development of a GIS based planning tool which is able to support the establishment process of biomass supply logistic system of power plants. Supporting the planning of the logistic processes of the power plant operation (such as locating the warehouses and planning the vehicle routes) was in the focus of the development, nevertheless all the connected fields of biomass plant production planning was taken into account during the setup of the GIS based planning tool. The development (which was carried out in the frame of implementation of a KIC InnoEnergy financed project), consisted two main steps: the first one of them was related to the comprehensive geospatial representation of the biomass fields including their location, type, average plant quantities, etc., while the second step was dealt with the computing of such logistic activities which can be characterised by the minimal required logistic work (e.g. center search or finding shortest paths).

## Bevezetés

Egyre többször találkozunk a „Smart” fogalmával. Halljuk a TV-ben, olvassuk az interneten, politikusok emlegetik nagyszabású tervekkel kapcsolatban, de hogy pontosan ez mit is jelent, talán egy mondatnál meg sem határozható. Akkor járunk a legközelebb az igazsághoz, ha arra gondolunk, hogy egy város törekszik az alábbi pontok megvalósulására és folyamatos fejlesztésére:

- A környezetbarát, intelligens közlekedés,
- hatékony hulladékgazdálkodás, újrahasznosítás, szennyező források folyamatos monitorozása,
- jobb közbiztonság,
- kiemelkedő oktatás,
- bürokráciacsökkentés, e-ügyintézés,
- gyors információáramlás intézmények között,
- *megújuló energiák felhasználása* (a cikkben bemutatásra kerülő fejlesztés ebben a pontban segítheti a Smart City koncepció megvalósulását).

Napjainkban egyre több energiát igényel a szükségleteink kielégítése. Ebben közrejátsszik a Föld népességének növekedése, valamint az emberek többsége vágyik az „okosabb” telefonra, nagyobb TV-re. Egyre több háztartásban jelenik meg légkondicionáló készülék, az életünket észrevétlenül egyre több számítógép segíti.

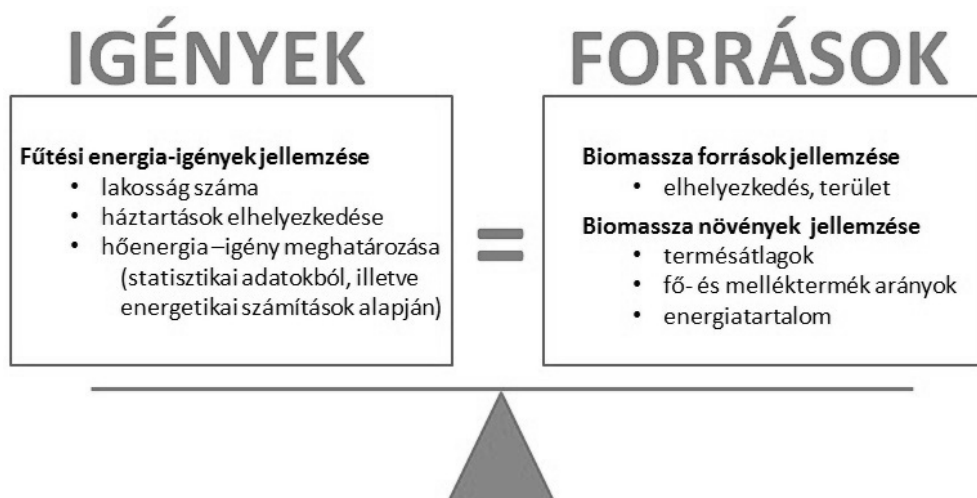
A növekvő energiaigény kielégítéséhez két megoldás körvonalazódik. Dolgoznunk kell minél hatékonyabb energiafelhasználású termékek kifejlesztésén, valamint – környezetvédelmi szempontokat is figyelembe véve – alternatív energiaforrásokat vonhatunk be az energiaigények kielégítésébe.

## Módszertan kidolgozása

Az Inno Energy KIC projekt által finanszírozott-, a fenntartható energiaellátást és – felhasználást támogató piacorientált kutatás-fejlesztés keretében egy olyan módszer kidolgozása volt a feladatunk, aminek a segítségével meg tudjuk vizsgálni adott területeken termelhető biomassza mennyiségét, és az abban rejlő energiamennyiséget, melyet alkalmas erőművekben pl. lakossági fűtési igények kielégítésére tudunk felhasználni. A módszer mellett kifejlesztésre került egy, az ArcGIS térinformatikai platformra épülő tervező eszköz, aminek a segítségével a területhasználati adatok birtokában – egyrészt meg tudjuk becsülni az említett mennyiségi adatokat, valamint az erőműbe történő beszállításhoz minimálisan szükséges logisztikai munkát is számszerűsíteni tudjuk.

A módszer kidolgozásakor a települések lakossági fűtési energiaigényét vettük alapul. A biomassza gazdaságosan, csak kis távolságra szállítható, ezért a forrásterületek kijelölése gondos logisztikai tervezést igényel. Egy területen található biomassza termő potenciál – és az ebből előállítható energia – meghatározásánál minden esetben alsó becslést végeztünk.

Amennyiben egy adott település energiaigényét szeretnénk részben, vagy egészben kielégíteni, ismerjük a környezetében található potenciális biomassza termő területeket, akkor becsléseket végezhetünk, hogy a szükséges mennyiség mekkora területről takarítható be. Úthálózat segítségével olyan optimalizált



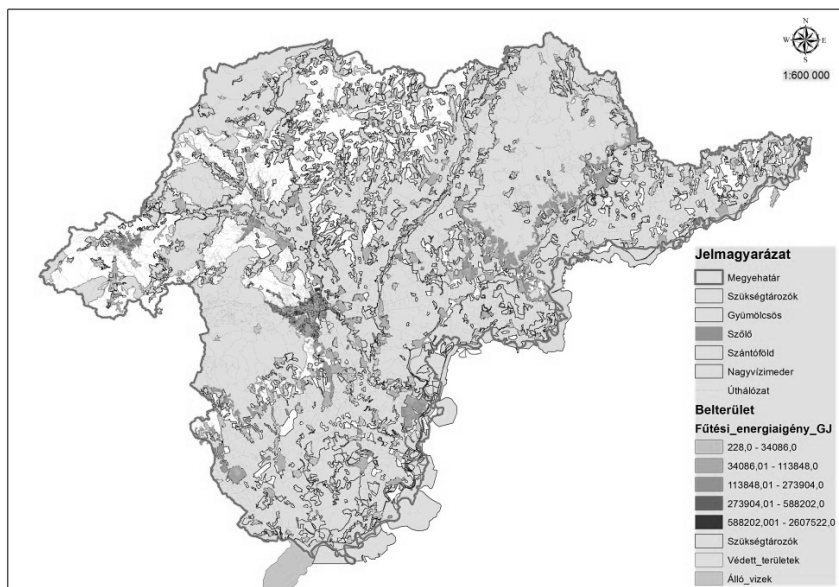
1. ábra Az Igény és a Forrás oldal tulajdonságai

járatokat tervezhetünk a siló és az erőmű között, amelyekkel növelhetjük a fűtési rendszer költséghatékonyságát. Az elméleti biomassza-mennyiség, a kielégítésre váró energiaigény, valamint az igényt és a forrást összekötő rendszer logisztikai költségeinek ismeretében számításokat végezhetünk, hogy a vizsgált területen megéri-e a biomassza energetikai célú termelése. A forrásterületeket 1 km<sup>2</sup>-es cellákra osztottuk fel a könnyebb becslés és tervezhetőség végett. Egy ilyen cella a következő információkat tartalmazza:

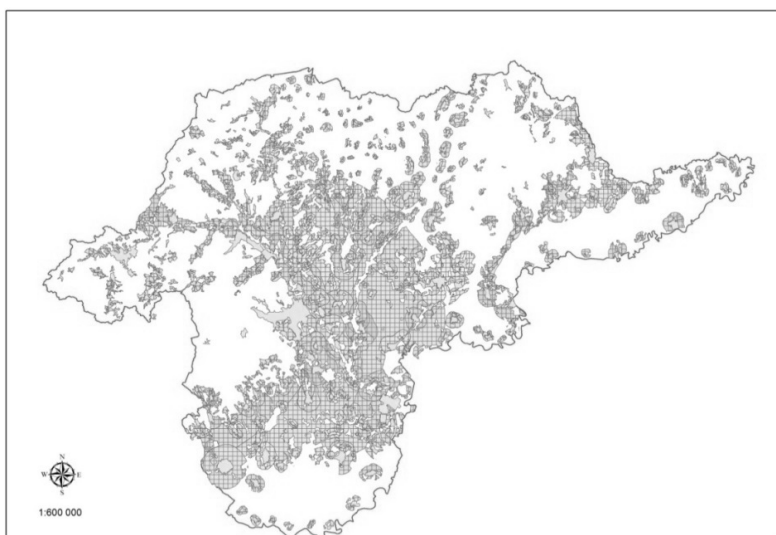
- milyen mezőgazdasági – mellék – termék gyűjthető innen be,
- mekkora termésátlaggal bír,
- mekkora a fűtőértéke,
- mekkora mennyiség takarítható be,
- mekkora a cellában található biomassza-mennyiség fűtőértéke.

## Eredmények

A projekt végrehajtása során kidolgozott adatbázis-struktúra és tervezőszoftver funkcionalitása révén a témával kapcsolatos széles alkalmazási területeket képes kiszolgálni, és mivel a szoftver a térinformatikai kvázi-szabványként számon tartott ArcGIS platformra épül- későbbi igények szerinti továbbfejlesztésére is adott a lehetőség. Mintaterületnek (2. ábra) Borsod-Abaúj-Zemplén megyét választottuk a változatos felszíninformái miatt. Kicsiben itt minden megtalálható, ami az ország területére jellemző: hegyek, sík területek, nagyvízi medrek. Területhasználat szempontjából: szőlők, gyümölcsösök, gabonatermő területek.



2. ábra A biomassza növények termesztésére alkalmas területek a választott modellterületen (BAZ megye)



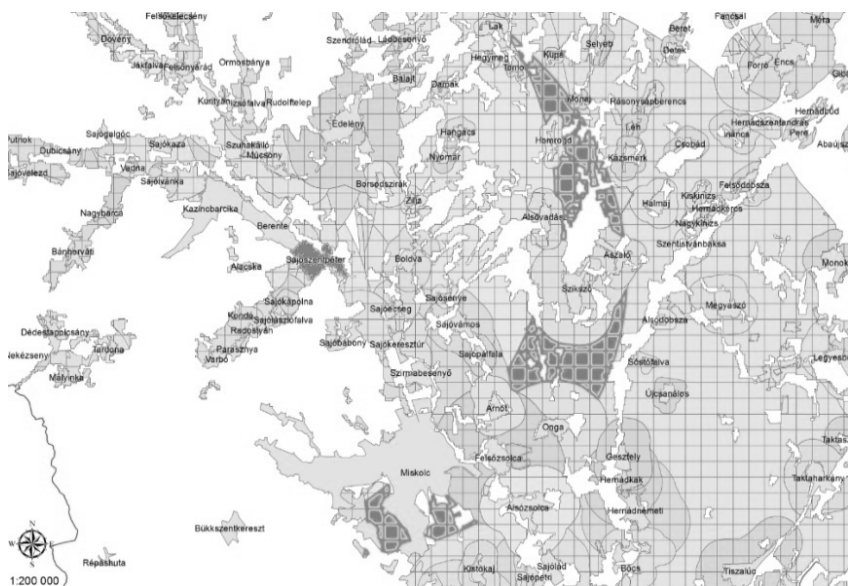
3. ábra BAZ megye teljes lakossági energiaigényét kielégítő biomassza termő területek

A tervezőeszköz elkészítése során feltételeztük, hogy az egyes települések fűtési energiaigénye a környezetükben elhelyezkedő biomassza forrásokból származtatható energiamennyiségből kerül kielégítésre, hogy azok hasznosítása a településeken elhelyezett célszerű nagyságú mini- vagy mikroerőművekben történhessen.

A munkánk során a települések, és a figyelembe vett biomassza források egymáshoz képesti elhelyezkedéséből fakadó problémákkal szembesültünk. A források és az igények egymáshoz rendelése ugyanis sorrendiségi kérdéseket vet fel, hiszen a fentebb vázolt földterület-cellák olyan erőforrásoknak tekinthetők, melyekért az egyes igényeket jelentő települések egymással versenyeznek. Ennek egyik



4. ábra Az igények és a források elhelyezkedéséből származó probléma szemléltetése



5. ábra Az igények kiszolgálási sorrendjéből származó probléma megjelenítése

megnyilvánulása, hogy a nagyobb városok „elviszik” a kisebbek elől a forrásokat. Ennek oka, hogy a tervezőszoftver kiinduló adatbázisában a nagyobb városok előrébb szerepelnek, így a területek hozzárendelése az ő igényeiket figyelembe véve kezdődik. Ha ezt a problémát azzal oldjuk fel, hogy a vizsgálatok során a tervezőszoftver először a kisebb lélekszámú települések igényét veszi figyelembe, akkor viszont azt érzük el, hogy agglomerációs területeken, ahol az egymáshoz közeli városok „konkurálnak” a területekért – előfordulhatnak olyan esetek, hogy egyes városokhoz azok határaitól távolabbi területek kerülnek hozzárendelésre. Ennek szemléltetése látható a következő ábrákon; a 4. ábrán Ózd a tőle légvonalban 47 km távolságra lévő területekről azért „vonz” magához biomassza forrásokat, mert a környezetében nem található az igényeit kielégíteni képes növényterménységet termő terület. Az 5. ábrán pedig a pirossal ábrázolt Sajószentpéterhez azért a tőle távol elhelyezkedő (sárgával jelzett) területek kerültek hozzárendelésre, mert a hozzá közelebbi termőterületekről a tőle nagyobb igénnyel jellemezhető települések „elviszik” a forrásokat.

A vázolt problémák miatt a biomassza erőművek telepítésének tervezése olyan iterációs folyamatként fogható fel, mely során a helyi sajátosságokat figyelembe véve a tervezőszoftver használatával több alternatíva készül, amelyek közül a tervezésbe bevont térség egészét tekintve kerül kiválasztásra a megvalósítani szándékozott változat.

### ***Többlépcsős beszállítói rendszer kialakítása***

A térben jelentős mértékben eloszló tüzelőanyagokról lévén szó, egylépcsős logisztikai rendszer kialakítása nem lehetséges. Ez azt jelenti, hogy (a növények előkészítéséhez szükséges lépések és a fűtési igények szezonálisitása miatt szükséges



ideiglenes tárolás miatt) a termőterületek és az erőművek közvetlen szállítási relációban való szerepeltetése nem célszerű. Ehelyett olyan logisztikai kialakítású gyűjtő-beszállító rendszer kialakítása indokolható, melyben a biomassza alapanyag a termőterületekről az előkezelést és ideiglenes tárolást megvalósító silókba kerül először, ahonnan az erőművekbe azok működésének megfelelő ütemben kerülnek beszállításra a fűtőanyagok.

A tervezőszoftverrel végezhető vizsgálatok tehát a logisztikai rendszer első lépcsőjét képviselő silók helyének kijelölésével kezdődnek. A silók tervezőszoftverben való leképzéséhez egyetlen paramétert szükséges a vizsgálat kezdetén megadni: az ideiglenes tárolásra szolgáló silók tárolási kapacitását.

A modellterületen végzett vizsgálatok során a silók tárolási kapacitáit úgy állítottuk be, hogy számuk a legnagyobb település esetében se haladja meg a tízet. Ez azt jelenti, hogy a modellterületen elhelyezésre kerülő silók tárolókapacitása 5000–12000 tonna közt változik.

A tervezőszoftver a tárolókapacitás ismeretében meghatározza a szükséges silómennyiséget, és a termőterületek elhelyezkedésének függvényében a centrumkeresés módszerével meghatározza a silók elhelyezkedését. A centrumkeresés célja az, hogy a silókba a legkisebb anyagmozgatási munka révén lehessen összegyűjteni a silókhoz rendelt termőterületekről a növénymennyiségeket.

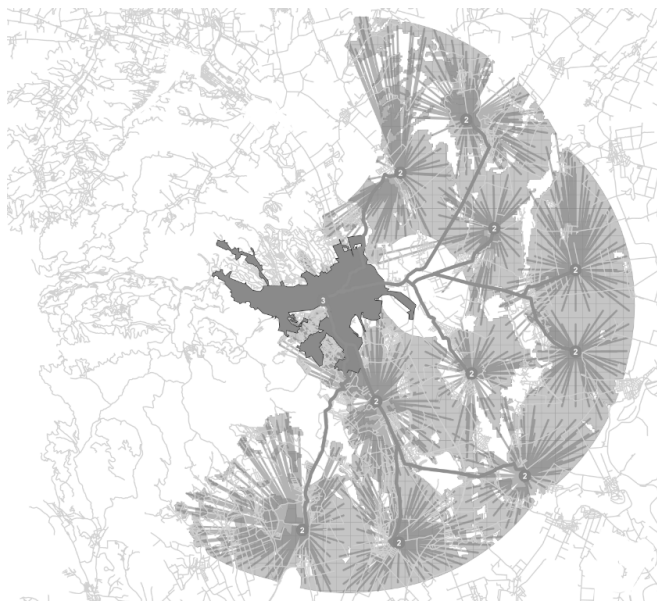
A 6. ábra szemlélteti az elhelyezett silók és a Miskolc területére feltételezett erőmű közti szállítójáratok útvonalait. A tervezőszoftver az alaptérkép attribútumainak megfelelően képes az úthálózaton érvényben lévő közlekedési szabályok figyelembevételére, így olyan szállítási útvonalak kijelölésére, melyek a gyakorlatban minden további nélkül megvalósíthatók. Az ábra pirossal jelöli a szürke vonalszakaszokkal szimbolizált úthálózat szállítási célra igénybe vett elemeit.

A 6. ábrán jelölt útvonalszakaszok természetesen az egyes silók és az erőmű közt mozgatott mennyiségeknek és a járművek számának és szállítási kapacitásainak megfelelő darabszámú esetben kerülnek bejárásra. Ezen bejárások összege adja azt a minimális szállítási távolságot, ami a lakossági fűtési energiaigények kielégítését lehetővé tevő biomassza-mennyiség erőműbe történő beszállításához elengedhetetlenül szükséges.

Annak érdekében, hogy az egyes rendszerelemeket (városokat) egymással össze tudjuk hasonlítani, bevezethető egy beszállítási hatékonysági mutató, melyet a beszállított mennyiség és a beszállítási úthossz hányadosaként célszerű definiálni.

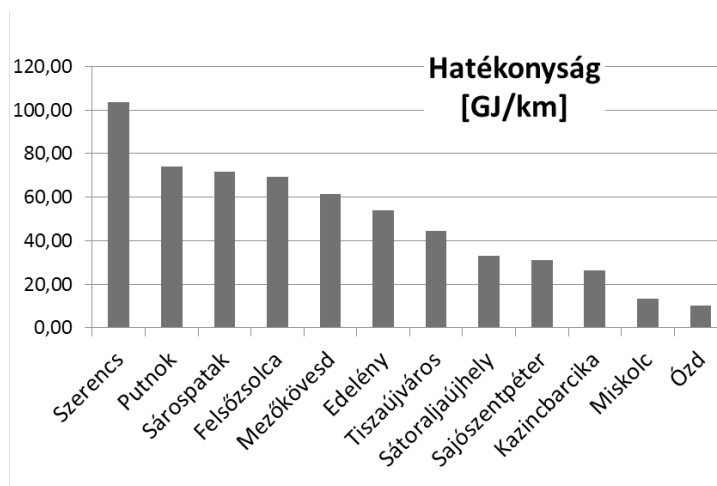
Annak érdekében, hogy kifejezésre kerüljenek az egyes városok környezetében elhelyezkedő területek közti – a növények fajtájában és fűtőértékében is megnyilvánuló – különbségek, a fenti hányados számlálójában a növények mennyiségét az általuk képviselt energiamennyiség felhasználásával fejeztük ki.

A 7. ábra tehát az imént definiált hatékonyság szerinti csökkenő sorrendben tartalmazza az általunk elvégzett modellezés eredményeit. Fontos megjegyezni, hogy ez a rangsor csak és kizárólag az adott számítás leírása során rögzített peremfeltételek



6. ábra A beszállító rendszer második lépcsőjét megvalósító járatok útvonalai

esetén érvényes. Ettől eltérő feltételek mellett (azaz más vizsgálati forgatókönyv alkalmazásával) természetesen teljesen más eredmény is elképzelhető. Ezen megjegyzés azért fontos, mert ha a biomassa-tüzelésű erőművek létesítése valamely területekre vonatkozóan magasabb prioritást kap, akkor elképzelhető, hogy nem csupán másodlagos biomassa származhat egyes területekről, hanem (az attól nagyobb fűtőértéke érdekében direkt telepített növényből származó) primer biomassa, akkor az említett táblázat alsóbb soraiban szereplő (így logisztikai szempontból erőmű telepítésre nem javasolható) városok is kedvezőbb megítélés alá eshetnek.



7. ábra A beszállító rendszer hatékonyságának jellemzése az egyes városok esetén

Az a véleményünk, hogy ezen utóbbi megállapítások bizonyítják a kidolgozott tervezőszoftver hasznosságát. Használatával a biomassza erőművek telepítését megelőzően számszerűsíthető és elemezhető az a feltételrendszer, mely jelentősen kihat a tervezett erőmű üzemelésével kapcsolatos költségekre. Az energiaigények megújuló energiával történő fedezése „zöldebb” energiatermelést eredményez. A lehetőségek és a költségek tudatában érdemes mérlegelni, hogy az alternatív energiahordozókból nyert energiára, csak kiegészítésként tekintünk.

# Ártéri domborzatfelmérés és elöntésszimuláció: gyorsan, hatékonyan és pontosan – a helyi árvízi védekezés érdekében

Kohán Balázs<sup>1</sup> – Deák Márton<sup>2</sup> – Mészáros János<sup>3</sup> – Nagy Balázs<sup>4</sup> – Szabó Judit<sup>5</sup> – Szalai Zoltán<sup>6</sup>

<sup>1</sup> tanársegéd, ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, kohanb@caesar.elte.hu

<sup>2</sup> tanársegéd, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, dmarton@caesar.elte.hu

<sup>3</sup> tanársegéd, ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, messer@map.elte.hu

<sup>4</sup> egyetemi docens, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, nagybalazs@caesar.elte.hu

<sup>5</sup> PhD hallgató, ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, juciduck@caesar.elte.hu

<sup>6</sup> tudományos főmunkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, szalai@mta.hu

**Abstract:** In order to plan flood prevention and adaptation to increasing water levels, it is essential to recognize the movement of water on floodplains, flood dimensions, and it is also important to quantify the flood-related risks. In order to prepare for flood events, it is indispensable to get more precise information about the topography of floodplains and the spatial connections between the floodplains, the floodless areas and the surrounding riverbeds. Our study presents a fast, precise and cost-effective survey and analysis method which helps to delineate the expected water pathways and the spatial extension of floods.

## Bevezetés

Az árvizek ártéri mozgásának, az elöntések nagyságának ismerete, a folyóink áradásai okozta fenyegetettség elemzése a magas vízsintekhez való alkalmazkodás és az árvízi védekezés megtervezése során elengedhetetlen. Minél pontosabban ismerjük az ár- és hullámterek domborzatát, kapcsolatukat az ármentes térszínekkel és a környező medrekkel, annál pontosabban tudunk felkészülni az áradások vízelöntésére.

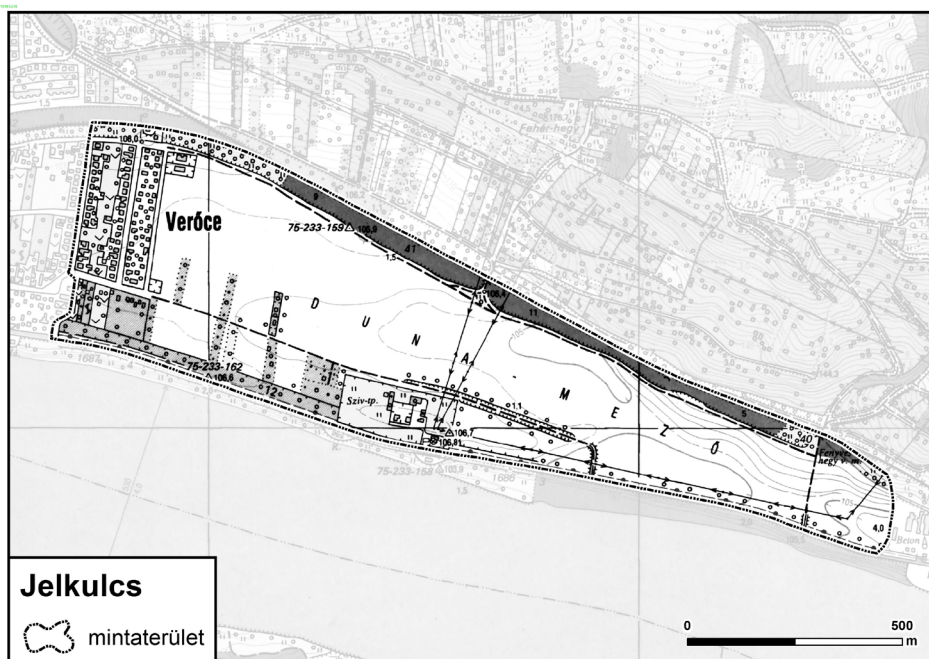
Esettanulmányunk olyan felmérés- és elemzéssort mutat be, melynek alkalmazásával gyorsan, igen költséghatékonyan, pontosan és ismétlődően vizsgálható a vízelöntések várható útvonala, mértéke, helyzete és a vízborítás mélysége is.

A növekvő árvízszintek a beépített szegélyű ártéri öblözetek térségében ott jelentenek különösen nagy problémát, ahol az ártéri szintek és az ármentes részek (pl. teraszok) elkülönülése gyenge. Ezek a szintek folytonos átmenettel, igen kis szintkülönbséggel kapcsolódnak egymáshoz és a mesterséges feltöltések és elegyengetések révén a domborzat egyveretűvé vált. Ráadásul az épített környezet közvetlenül ráhúzódott az árterekre, vagy ártérmellékekre is. Mindehhez társul a sorozatos áradások hordalékmozgásának ártérfeltöltő szerepe is. Így a hagyományos térképhasználattal, légifotó- vagy űrfelvétel-elemzéssel, de terepbejárással, és még egyes pontok szintezésével-magasságmérésével sem különíthetők el a potenciálisan vízjárta területrészek. A megoldás az ártéri térségek és a szomszédos ármentes felszínek nagy pontosságú, teljes területre kiterjedő domborzati térképezésében

rejlik, amelynek alapján elöntési modellek készíthetők, amivel akár ingatlanszinten is jelezhető az aktuális árvízszinthez kapcsolódó elöntésnagyság. Mivel az árterek domborzata minden elöntés során változik, így olyan módszert kell a felméréshez választani, amely a kellő pontosság mellett az árvízi periódusokhoz kapcsolódóan megismételhető, így hosszú távon is nyomon követhető a vízborítás változása. Mindezzel a védekezés hatékonysága, ill. az árvízi elöntést megelőző létesítmények telepítése is elősegíthető. Eddigi tapasztalataink alapján néhány négyzetkilométeres terület vizsgálata esetén az UAV által készített felvételek alapján generált felszínmodell néhány centiméteres pontosságú, így az elöntési vizsgálatokhoz és előrejelzések készítéséhez is megfelelő alapot biztosít - akár egy döntés előkészítés során árvízi veszélyhelyzetben is.

Az elemzés célja tehát:

- az ártéri öblözet vízelöntésének szimulálása az elkészült domborzatmodell segítségével az egyes dunai vízállásokat figyelembe véve,
- a lakott területeket fenyegető áradás útvonalának feltárása, a lakóövezet vízelöntésének vizsgálata a vízállások függvényében,
- az árvízi elöntés mértékéhez kapcsolódó vízmélységek megadása a lakott területen,
- a felmérés gyors és hatékony, széleskörűen alkalmazható módszerének kialakítása, a pontosság tesztelése a jól dokumentált 2013. júniusi elöntés alapján.



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése

## Mintaterület

Mintaterületünk a Dunakanyar „kijárat kapujában”, a Duna bal partján fekvő Verőce térsége. A településtől keleties irányban a Vác felé húzódó, mintegy 2 km hosszú Duna-mező nevű ártéri öblözet helyezkedik el (*1. ábra*). Az ártér északi határa a vasúti fővonal 6–10 méter magas töltése. Az ártér déli, dunai szegélyén, a magas ártér peremén végighalad a 12. sz. főút, amely a közelmúlt (2002, 2006, 2010, 2013) dunai áradásai során víz alá került. Maga az út és alapozása nem töltés jellegű, nem jelent gátat az áradó Duna számára – hivatalosan is árvízveszélyes útszakasznak minősített és jelölt. (ártéri elöntésszimulációnkon a főút nem szerepel, az ábrázolt terület ettől közvetlenül É-ra kezdődik).

Az elemzés aktualitását a 2013-as áradás elöntése adja, amely váratlanul, az ártéri öblözet folyóhat mögötti laposaiban (valójában a magas ártéren keresztül) elérte a települést, és eddig soha nem tapasztalt helyszíneken okozott életveszélyt okozó elöntést. És bár itt a Duna mentén is lezajlott az árvízi kockázati térképezés (légi lézeres felmérést is használva) és megszülettek a stratégiai kockázatkezelési tervek (I–1) a helyi önkormányzat csak a 2013-as áradás előtti tervezetre támaszkodhat.

## Adatfeldolgozás

A légifényképezés területén a valós, háromdimenziós tárgyakról kétdimenziós felvételek készülnek, amelyből egyenesen következik, hogy egy felvételtől nem tudjuk a felmért tárgy alakját közvetlenül rekonstruálni. Ennek a problémának a feloldására több különböző eljárás is született a fotogrammetria területén: egyképes (orto-) fotoszkópia és a sztereo fotogrammetria. Ez utóbbi egészen egyedi módon, a természetes térlátás elvét követve oldja fel a problémát, azaz egymást sorozatban követő, átfedő, különböző álláspontokból készült felvételek segítségével következtet a felméréndő tárgy harmadik dimenzió szerinti méreteire (KRAUS K. 2008).

Hasonló módszernek tekinthetjük a 2000-es évek közepétől megjelenő, SfM (Structure-from-Motion) algoritmusokat is, amiket már korábban is használtak a robotika vagy az automatikus alakfelismerő algoritmusok területén (KOUTSOUDIS, A. ET AL. 2013). A módszer lényege az egymással átfedő, különböző álláspontból készült felvételek feldolgozása, pontosabban a közöttük lévő parallaxisok alapján a fényképezett tárgy alakjának meghatározása. Ugyanazon tárgyat felépítő pont több képen (legalább három-négy) kell szerepeljen, hogy felismerhető legyen. Az adott képeken RGB intenzitás, szaturáció, textúra, valamint a környező pixelek hasonló értékei alapján minden pixelhez egyedi azonosítót társít, majd azt több képen is azonosítja. A pontokhoz adott képi koordináta-rendszerekben meghatározott x,y koordinátapárost társít, aminek a későbbi alakzat rekonstrukciónál lesz fontos szerepe. Az így megadott paraméterek segítségével, több képre alkalmazva, kiszámíthatók az adott pont háromdimenziós koordináta-rendszer szerinti koordinátái.

A légi felmérés során egy DJI Phantom 2 távirányítású, többmotoros



helikoptert, valamint a rá erősített GoPro Hero 3+ Silver típusú kamerát használtunk, amellyel átlagosan 80 m-es repülési magasság mellett több ezer, egyenként 10 megapixeles felvétel készült. A modell létrehozásához végül 620 db felvételt használtunk fel, amelyeket az Agisoft PhotoScan 1.2.0-ás verziójú változatával dolgoztunk fel. Utóbbi során, egymást követő lépésekben (fényképek egymáshoz képesti helyzetének meghatározása, ritka és sűrű pontfelhő létrehozása), létrehoztunk egy ~32 millió pontból álló pontfelhőt, amely később a domborzatmodell alapjául szolgált.

A geoinformatikai környezetben történő feldolgozás érdekében a pontfelhőt terepi illesztőpontok segítségével EOVI/HD72 vetületi rendszerbe transzformáltuk. Ehhez a légifelvételeken könnyen azonosítható terepi elemeket (kerítés sarka, villanyoszlop, vasúti töltés részsíkjának sarka stb.) kerestünk, majd az említett vetületi rendszer szerinti háromdimenziós koordinátáikat RTK-GPS segítségével rögzítettük (a mérés során a vízszintes és függőleges hiba max. 1 cm volt). Összesen 26 ilyen illesztőpontot határoztunk meg, melyből végül hetet használtunk fel a pontfelhő transzformálásához, a többit a domborzatmodell pontosságának ellenőrzéséhez.

További feldolgozási lépésként a sűrű pontfelhőt ritkítottuk és a zajként megjelenő vegetációt is eltávolítottuk. Ezekhez a lépésekhez az ingyenesen elérhető CloudCompare szoftvert használtuk, azon belül a Statistical Outlier Filter algoritmust. A domborzatmodell alapjául szolgáló pontfelhő végül így közel 30 millió pontból állt, erre alapozva egy 0,5 m rácsállandójú domborzatmodellt interpoláltunk Inverse Distance Weighting algoritmus segítségével. A későbbi elöntési szintek ábrázolásához az ArcGIS 10.2.2 szoftver különböző eszközeit használtuk.



*2. ábra A 2013-as maximális vízállás (június 9.) a valóságban a Duna-mező területén  
(fotó: Selmeczi Kovács Ádám)*

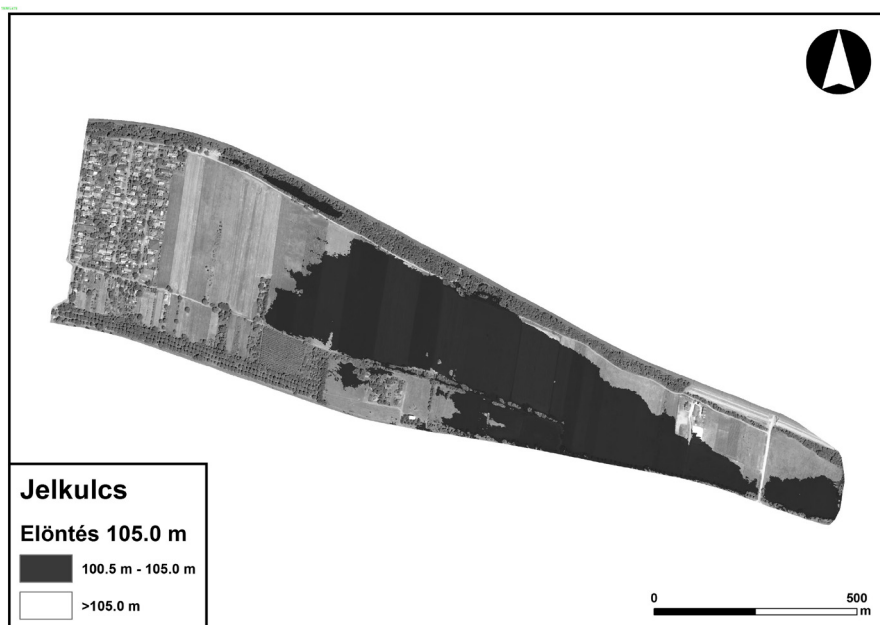


## Eredmények

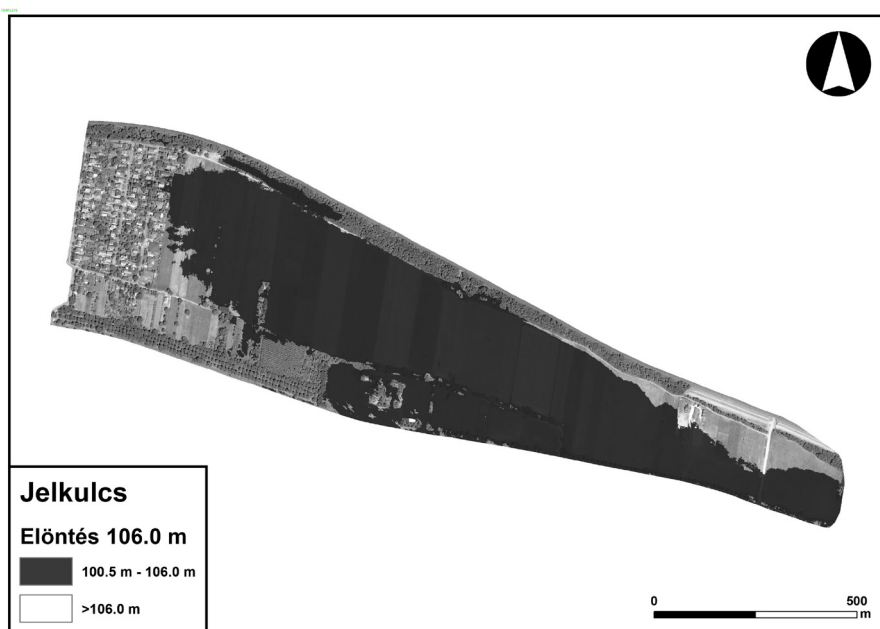
Mivel Verőcénél nincs hivatalos mérőhely, így a nagymarosi és a váci vízmérce adatai alapján következtettünk az elöntési szintekre. A 2013-as tetőző érték Nagymarosnál 751 cm, Vácnál 804 cm volt, ami abszolút tengerszint feletti magasságra átszámítva 106,94 méteres illetve 106,16 méteres (mBf) vízszintet jelent (internet 2). A két érték felhasználásával, lineáris interpolációval becsülve ugyanez az érték Verőcénél körülbelül 106,6 méter (mBf) volt. A modell kalibrációjához a 2013-as árvíz tetőzésekor készült légifelvételeket használtuk fel (2. ábra).

A képek tanúsága szerint a modellezett és a valóságos elöntések jól egybeesnek, a maximális elöntés vizsgálatánál ingatlanszintre lebontva is egyezés volt! A különböző elöntési szinteket térképeken ábrázoltuk (3–5. ábra), illetve animációkat készítettünk, valamint a vízszintek magassági adataiból kivonva a fotogrammetriai feldolgozás eredményeként kapott felszínt, elöntési mélységeket is becsültünk (6. ábra).

A modellszámítás során kapott eredmények szerint 102,24 méteres (mBf) vízállásnál kezd megjelenni a Duna-mező legmélyebb pontján a víz. Ekkor a nagymarosi vízmérce mintegy 311 cm-t ( $\pm 5$  cm) mutat. 105 méteres abszolút vízállásnál azonban már a település szélénél épült első nyaralót is eléri a víz, de a keleti faluszél alacsonyán fekvő utcáiban a pincékben is megjelenik. 105,74 méternél (mBf) eléri az első utca, a Duna sor házait. 106 méternél (mBf) már a település szélén épült, alacsonyán fekvő ingatlanok kertjében is megjelenik a víz. Ennél 20 cm-el magasabb vízszint esetén pedig már az utca közepén is vízállás keletkezik,

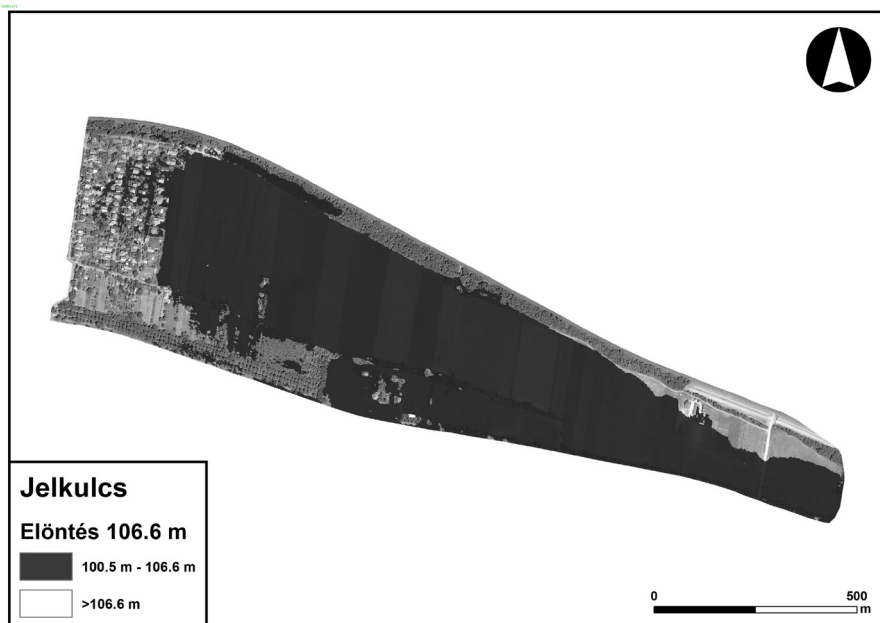


3. ábra Elöntés mértéke 105 méteres (mBf) vízszint esetén

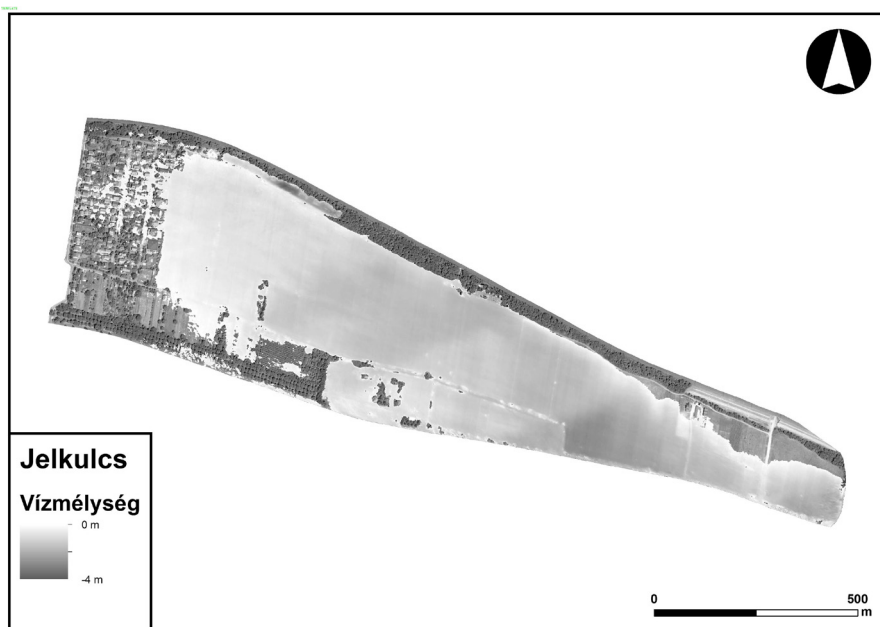


4. ábra Elöntés mértéke 106 méteres (mBf) vízszint esetén

valamint megjelenik a víz a második utcában (Váci Mihály utca) is. A 2013-ban mért legnagyobb vízszint (106,6 méter mBf) során az elöntés a Karinthy Frigyes utca legmélyebb pontjain is megjelenik. Ennél a magasságnál a Duna sor legmélyebb pontján csaknem 1 m mély víz áll!



5. ábra Elöntés mértéke 106,6 méteres (mBf) vízszint esetén



4. ábra Elöntés mértéke 106 méteres (mBf) vízszint esetén

## Összegzés

A mintaterületnek választott dunai ártéri öblözet felmérésekor a célszerűség, hatékonyság és gyorsaságra törekedve, a pontosságot mindvégig szem előtt tartva olyan elöntés-eredménytérképeket kaptunk, amelyek megfelelnek a 2013-as, utolsó (és egyben eddig legnagyobb, nem jeges típusú) áradás valós vízelöntéseinek. A terepmunka tavaszi időszakban (március végén) zajlott, hiszen a gyér növényzeti takarás mindenképpen feltétele a pontos domborzatmodellnek. A végső feldolgozással együtt néhány nap alatt megvalósítható elemzés módszertana – hasonló pontos eredményeket ígérve – más ártéri öblözetek felmérésére és kockázati térképezésére is alkalmas. Mivel a jelentős költséghatékonyság miatt így egy adott terület feldolgozása rendszeresen, áradásonként megismételhető, az árterek és a hullámterek domborzatfejlődésével párhuzamosan vizsgálható a változó elöntésnagyság.

## Felhasznált irodalom

- KOUTSOUDIS, A.–VIDMAR, B.–IOANNAKIS, G.–ARNAOUTOGLU, F.–PAVLIDIS, G.–CHAMZAS, C. (2013): Multi-image 3D reconstruction data evaluation, Journal of Cultural Heritage, <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2012.12.003>
- KRAUS K. (1998): Fotogrammetria, Tertia Kiadó, Budapest
- I-1: <http://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=145>
- I-2: <http://www.kdvvizig.hu/index.php/vizrajz/allomashalozat/209-hidrometeorologiai-tajekoztato-20130611-en>



# Alacsony pontsűrűségű LiDAR adatok optimális osztályszámának meghatározása CCDA alkalmazásával erdészeti felméréspéldáján

Koma Zsófia<sup>1</sup> – Deák Márton<sup>2</sup> – Kovács József<sup>3</sup> – Standovár Tibor<sup>4</sup> –  
Kelemen Kristóf<sup>5</sup> – Székely Balázs<sup>6</sup> – Kohán Balázs<sup>7</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, ELTE TTK Geofizikai Tanszék, zsofia.koma@ttk.elte.hu

<sup>2</sup> egyetemi tanársegéd, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, dmarton@elte.hu

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, kevesolt@caesar.elte.hu

<sup>4</sup> egyetemi docens, ELTE TTK Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleteti Biológiai Tanszék, standy@caesar.elte.hu

<sup>5</sup> tudományos munkatárs, ELTE TTK Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleteti Biológiai Tanszék, kristof.kelemen@gmail.com

<sup>6</sup> egyetemi docens, ELTE TTK Geofizikai Tanszék, balazs.szekely@elte.hu

<sup>7</sup> egyetemi tanársegéd, ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, balazs.kohan@gmail.com

**Abstract:** Today one of the biggest challenges in forestry application of ALS LiDAR data is to classify different tree species. Selecting training areas or finding the optimal algorithm is important, but determining the optimal number of classes (which species are possible to separate) is also important but only a few papers aim to solve this issue. The CCDA method has been proven useful in other scientific fields and we aim is to implement it in LiDAR data classification. We tried to classify forest segments (not single trees) into different classes and concluded that the most important parameters which separate different tree communities are more related to forest physiognomy (eg. openness) and cannot be linked to a single species

## Bevezetés

Napjainkban egyre elterjedtebbé vált a LiDAR (Light Detection And Ranging) által különböző platformokon mért nagy pontosságú pontfelhők erdészeti célú alkalmazása. A légi lézerszkennelt (ALS) adatok nagy területre kiterjedően szolgáltatnak pontos geometriai információkat a felszínborításról (erdőkről, építményekről, stb.) és a talajról. Ezen valódi 3D pontfelhők lehetővé teszik az erdészeti alkalmazásokban pontosabb és automatikusan levezethető információk kinyerését, amelyek a terepi felmérések mellett az erdők teljesebb vizsgálatát teszik lehetővé (VAUHKONEN ET AL. 2014).

Nagy pontsűrűségű teljes jelalakos légi lézerszkennelés által felmért területeken bizonyították, hogy a biomassza, egyes fák magassága és a fák körátmérője illetve a lombkorona magassága nagy pontossággal levezethetők (POPESCU–HAUGLIN, 2014). Ezen paramétereket felhasználva az egyes facsoportokat vagy egyedeket klaszterezni lehet, így fajszintű térkép vezethető le a fák geometriai és radiometriai tulajdonságaiból. Számos tanulmány foglalkozik fajok osztályozásával foglalkozó különböző gépi tanító (Machine Learning) módszerekkel, mint például a Support Vector Machine (SVM) (GUANGCAI ET AL. 2012) vagy Random Forest (KO ET AL.

2012).

A nagy pontsűrűségű adatok elemzése mellett egyre fontosabbá válik a tipikusan országos méretű felmérésekből származó alacsony pontsűrűségű (1–8 pt/m<sup>2</sup>) adatok erdészeti alkalmazásának lehetőségeinek vizsgálata (YU ET AL. 2014). Alacsony pontsűrűségű adatok esetén fontos kérdéssé válhat, az adatrendszer limitációjának vizsgálata, azaz hogy a terepen felmért csoportok és a pontfelhőből levezetett paraméterek alapján az egyes csoportok homogénnek tekinthetőek-e.

Jelenlegi kutatás célja ezen részben mellőzött vagy megkerült probléma megoldása. Egyes osztályozások során a végső csoportok általában nem azonos pontossággal kerülnek meghatározásra. Ennek oka lehet a hibásan kijelölt mintaterület vagy a nem megfelelően kiválasztott klaszterezési algoritmus, de egy találó magyarázat lehet az is, hogy az azonosítani kívánt osztály egyszerűen nincs az adott területen jól reprezentálva, azaz az osztályok szeparabilitása kicsi. Ez különösen fontos lehet olyan erdészeti példák esetében, ahol az osztályok egy-egy fajt, vagy azok valamilyen arányú keveredését jelölik. Egyes fajok azonban a leíró statisztikai adatok alapján (legyen az LiDAR esetében geometriai, vagy optikai felvételek esetén spektrális) nem elkülöníthetők.

Fontos ezért megvizsgálni, hogy az adott mintacsoport az azt leíró paraméterekkel hány homogén, jól elkülöníthető alcsoportba foglalható. Egy-egy erdőrészlet esetén ez megadhatja, hogy hány %-os elegyaránytól érdemes elkülöníteni egy-egy csoportot, vagy melyek azok a fafajok, amelyek bár más rendszertani egységbe tartoznak, hasonló alaki paramétereik miatt mégis könnyen egy csoportba kerülhetnek.

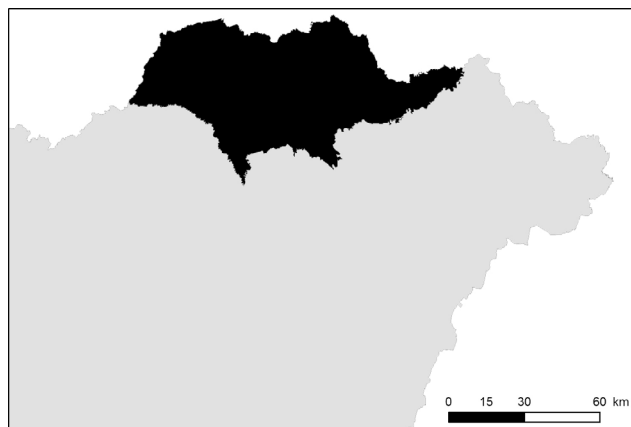
Jelen tanulmányban célunk az Aggteleki Nemzeti Park területére eső alacsony pontsűrűségű ALS adatrendszerből levezetett geometriai paraméterek alapján az egyes fatársulások elkülönítésére optimális osztályszámának meghatározása CCDA (Combined Cluster and Discriminant Analysis) módszer segítségével. Ez a módszer – elsősorban hidrogeológiai szakterületen – már alkalmasnak bizonyult hasonló vizsgálatokra (KOVÁCS ET AL. 2014), a távérzékelte adatokra történő átültetés azonban már jelen szerzői csoport célja.

A konferencia közlemény felépítése a következő, először ismertetjük a kutatási példaterületet és a rendelkezésre álló adatbázisokat és az ebből levezethető geometriai paramétereket. Ezt követi a CCDA módszer rövid ismertetése majd az eredmények tárgyalása.

## **Mintaterület, terepi vizsgálatok**

A felmérés a svájci-magyar SH/4/13 sorszámú, „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélu állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című projekt során történt meg. A mintaterület az Aggteleki Nemzeti Park területe volt (*1. ábra*).

Terepi felmérés során az erre kiképzett felmérő szakemberek az erdő



*1. ábra A teljes mintaterület*

homogenitásának függvényében 50 m, 75 m vagy 100 m-es közőkkel leszúrtak egy-egy mintavételi pontot. Ezen pontok 12,62 m-es sugarú környezetében (ez lett egy mintavételi egység) számos paramétert felmértek, ami a későbbi terepi referencia alapjául szolgált. Ezen paraméterek egy része közvetlenül vagy közvetetten vizsgálható távérzékeléssel is (pl. záródás, domináns fafaj), egy részük azonban tisztán ökológiai célokat szolgál (pl. holtfa aránya, mikrohabitatok, stb.) (2a. ábra).

Később az adatok ellenőrzésére a felmért fafajok adatait használtuk fel. A mintavételi egységekben nem csak a domináns fafaj lett felmérve, hanem minden fás- vagy lágyszárú faj elegyaránnyal együtt jelölve. Ez a részletes és jó minőségű adatgyűjtés azt is tette lehetővé, hogy ne csak egy-egy fajt tekinthessünk egy felszínborítási osztálynak, hanem több faj bizonyos elegyarányú keveredését is.

A kiválasztott mintaterületen bükk, magas kőris, lucfenyő, kislevelű hárs, gyertyán, csertölgy és barkócaberkenye eltérő elegyarányú társulásai jelentek meg, az ezeket ábrázoló pontfelhő lett a további vizsgálatok alapja (2b. ábra).

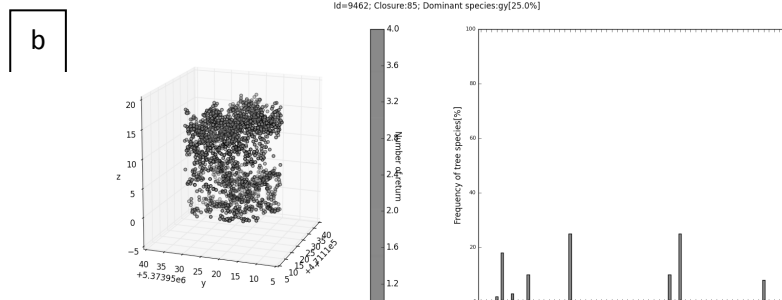
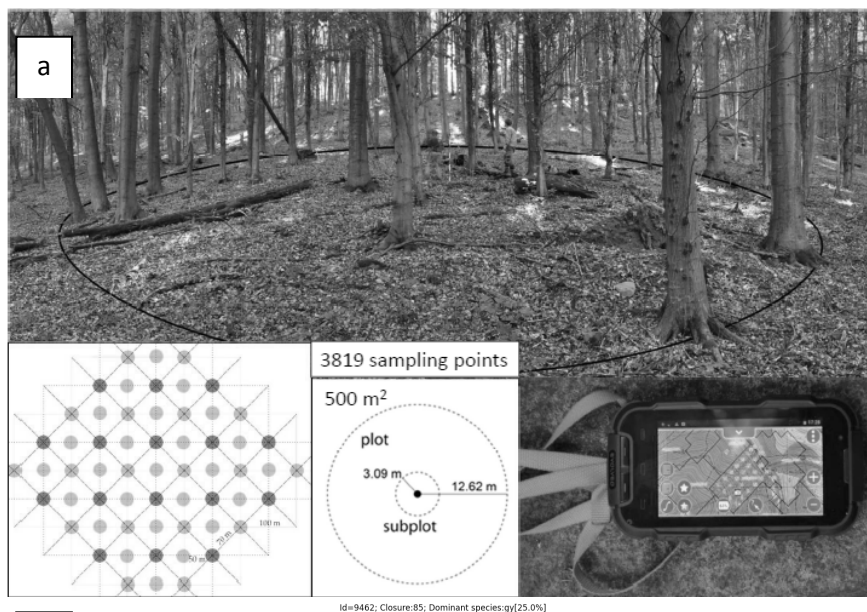
## **Anyag és módszer – LiDAR**

A LiDAR adatok 2013. július 20-án egy Leica ALS-70 HP-vel készültek, feldolgozásuk az OPALS szoftvercsomag (PFEIFER ET AL. 2014) segítségével történt, ami lehetőséget ad a felhasználónak a DTM levezetésére, DSM elkészítésére és a különböző geometriai paraméterek kiszámítására python programkörnyezetben.

Első lépésként az alacsony pontsűrűségű adatrendszerre (átlagos pontsűrűség: 3-4 pont/m<sup>2</sup>) a relatív magasságok kiszámításához el kellett készíteni a LiDAR adatokból származó digitális domborzatmodellt (DTM). A DTM készítése az OPALS RobFilter moduljával történt (LÁTOS ET AL. 2016), ez után készült el a DSM, később pedig a normalizált felszínmodell (nDSM).

A pontfelhő felhasználásával különböző geometriai és radiometriai, fákra jellemző paraméterek levezetését teszik lehetővé, amely alkalmazható a különböző





2a. ábra A terepi felmérés mintavételezési rendszere

2b. ábra Egy erdőrészletet ábrázoló pontfelhő a visszaverődések száma szerint színezve, mellette az ábrázolt területen jelenlévő fajok %-os megoszlása

fafajok osztályozására (CAO ET AL. 2014; YU ET AL. 2014). Jelen adatsorra csak geometriai paramétereket számítottunk, 5x5 m-es rácsra átlagolva. A geometriai tulajdonságokon kívül figyelembe vettük egyes paraméterek számításánál a regisztrált echo sorszámát is. Ennek eredményeképpen a levezetett paramétereink három csoportba oszthatók:

1. csoport: Relatív magasság attribútumához köthető leíró statisztika által levezethető paraméterek relatív magasság maximuma, átlaga, szórása, intervallum az első és az összes visszaverődés alapján). Ezen kívül a pontfelhőre illesztett síktól való eltérés rezidujának szórása.

2. csoport: Pontsűrűség arányaihoz köthető paraméterek (talaj és nem talajponthoz tartozó pontok számának aránya

3. csoport: Egyes magasság szintekre levezetett paraméterek, mint a leíró

statisztikai paraméterek (maximum, átlag, szórás, intervallum) a pontfelhő felső 80-100 perszentilis esetén. Illetve a leggyakoribb és legritkább relatív magasság hisztogram osztály.

Az első csoport a relatív magassága alapján a fák maximális magasságát határozza meg, amely lehet egy fafaj jellegzetes tulajdonsága. Ugyanakkor ennek a paraméternek megbízhatatlanságát növeli, hogy a fa magassága nem csak a fajtól függ, hanem függhet a domborzattól és az egyed korától is. A pontsűrűség aránya lézer áthatolókéességét vizsgálja, amelyre a lombkorona szerkezete hathat ki, amely így jó osztályozó paraméter lehet, de ez ugyanakkor műszerspecifikusan függ az egyszerre felmért terület felszíni vetületétől is. A 3. csoport az erdőrésztlet vertikális struktúráját vizsgálja, különböző fás társulások esetén más lehet az aljnövényzet vagy a cserjék aránya, amely a későbbi osztályozásban jól alkalmazható paramétereket eredményezhet.

A levezetett geometriai paraméterek közül a öt legfontosabbat alkalmaztuk a CCDA algoritmusban. A paraméterek kiválasztása a Wilk's Lambda eloszlás meghatározásával történt úgy, hogy az egymással legkisebb összefüggést mutató paraméterek kerültek a CCDA-ban bemenő adatként felhasználásra.

## **Anyag és módszer – CCDA**

Csoportosítás (klasszifikáció) erdészeti alkalmazásokban a leggyakrabban különböző machine learning technikákat alkalmaznak. Ezen módszerek legtöbbször az adatok gépi tanítás segítségével működnek és bár adott mintatérben optimális csoportosítást adnak eredményül, nem vizsgálják az egyes csoportok homogenitását.

A CCDA (KOVÁCS ET AL. 2014) célja, hogy a tanítótérületünk ismeretében vizsgálni tudjuk, hogy mely csoportok tekinthetők homogének az adott paraméterek alapján és melyek nem. Az algoritmus a hierarchikus klaszteranalízis (HCA) és a lineáris diszkriminancia analízist (LDA) alkalmazza. Az első a csoportok szétválasztását adja meg illetve egyfajta hierarchiáját. Az LDA pedig a csoportok optimális elválasztását (halmazokat a mért paraméterek legnagyobb lineáris kombinációjaként adja meg és egy-egy optimális síkkal választja el a megadott csoportokat egymástól). A CCDA algoritmus három részlépésből áll:

1. Alapcsoportosítás létrehozása.
2. Magciklus futtatása, amely az egyes megadott csoportokat véletlenszerűen összekeveri és a Ratio,  $q_{0.5}$  és  $d_i$  paramétereket kiszámítja, ahol a Ratio az LDA által helyesen klasszifikált megfigyelések aránya,  $q_{0.5}$  a „k” véletlen csoport LDA klasszifikációja arányának 95%-os kvantilise  $d_i$  a ratio és a  $q_{0.5}$  különbsége.
3. Eredmények kiértékelése további alcsoportok meghatározása vagy homogén csoportok megállapítása.

A módszer a tudatos és a véletlenszerű LDA klasszifikáció eredményeit

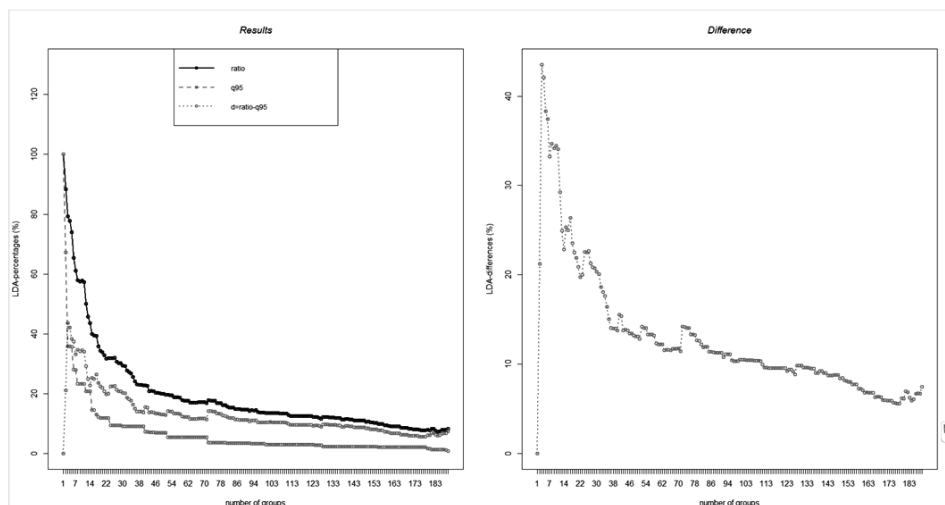
hasonlítja össze. Amennyiben a csoport homogén, a ratio értéke és a véletlenszerű klasszifikáció értékeinek 95%-os kvantilise nagyságrendileg megegyezik. A csoport inhomogén, ha a tudatos osztályozás magasabb százalékot ad a véletlenszerűhöz képest. Ekkor további szubcsoportokat kapunk, amelyeket ismételten tesztelhetünk a CCDA algoritmus segítségével.

## Eredmények

Az előzetes paraméterkiválasztás eredményeképpen a legfontosabb paraméterek közé a sigma0, a relatív magasság hisztogram legritkább eleme az összes visszaverődésre csak a felső 20%-ra és az első visszaverődésre, illetve a relatív magasság különbsége adódott. A kiválasztott legfontosabb paraméterek jól mutatják, hogy fontos a lombkorona alakjával összefüggő szórás értéke, illetve az erdő vertikális struktúrájára és a lombkorona zártságára visszavezethető paraméterek, ezenkívül pedig a fák magassága.

A CCDA módszer alkalmazásával azt kaptuk, hogy a bemenetként használt fafajok esetében optimálisan 3 csoport különíthető el (3. ábra).

- Az elő szubcsoport a kocsánytalan tölgyekben domináns társulásokat tartalmazza, amik jellemzően magas (>60 %) elegyaránnyal képviseltették magukat, de jelen volt alacsony elegyarányú (<60 %) molyhos tölgy és ugyancsak alacsony elegyarányú gyertyán is.
- A második szubcsoport tartalmazza a legtöbb fafajt. Jellemzően alacsony (<60 %) elegyarányú kocsánytalan tölgy, de magas elegyarányú molyhos tölgy (>60 %) szerepelt, valamint emellett
- A harmadik szubcsoport jellemzően a bükk dominálta fafaj társulásokat tartalmazza.



3. ábra CCDA első futtatás eredménye a meghatározott di paraméter alapján 3 szubcsoportot talál optimálisnak

Az összes meghatározott szubcsoportok további iterációs CCDA futtatás mellett is inhomogénnek tekinthetők.

Jelen kutatás eredménye alapján az alacsony pontsűrűségű adatokból a CCDA módszer segítségével optimális osztályok száma lehatárolható, a fenti paraméterek alapján azonban elsősorban nem a fafaj, hanem egyéb fiziognómiai paraméterek (pl. a domborzatból vagy fajösszetételből fakadó záródás) a meghatározók, hiszen jelen kutatásban ezek mutatták a legnagyobb változékonyságot. A jövőben az egyes fás társulások osztályozásának céljából a fent említett tényezőkre robusztusabb paraméterek kiszámítása ajánlott.

***A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) támogatta (K115472).***

## **Felhasznált irodalom**

- CAO, L.–COOPS, N.–HERMOSILLA, T.–INNES, J.–DAI, J.–SHE, G. (2014): Using small-footprint discrete and full-waveform airborne LiDAR metrics to estimate total biomass and biomass components in subtropical forests. *Remote Sensing* 6, pp. 7110–7135.
- GUANGCAI, X.–YONG, P.–ZENG YUANA, L.–DAN, Z.–LUXIA, L. (2012): Individual trees species classification using relative calibrated full-waveform LiDAR data. In N. Coops, Wulder, M. (eds.) *SilviLaser 2012: 12th International Conference on LiDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems*.
- KO, C.–SOHN, G.–REMMEL, T.K. (2012): A Comparative Study Using Geometric and Vertical Profile Features Derived from Airborne LIDAR for Classifying Tree Genera. In *ISPRS Annals of the Photogrammetry (eds.) XXII ISPRS Congress*
- KOVÁCS, J.–KOVÁCS, S.–MAGYAR, N.–TANOS, P.–HATVANI, I., G.–ANDA, A. (2014): Classification into homogeneous groups using combined cluster and discriminant analysis, *Environmental Modelling & Software*, Volume 57, pp. 52–59.
- LÁTOS, T.–TELBISZ, T.–DEÁK, M.–SZÉKELY, B.–KOMA, ZS.–STANDOVÁR, T. (2016): LiDAR és topográfiai térkép alapú digitális terepmodellekből levezetett, illetve kézzel digitalizált töbör-körvonalak morfológiai összehasonlítása az Aggteleki-karszt példáján. *Karsztfejlődés XX*. pp. 145–165.
- PFEIFER, N.–MANDLBURGER, G.–OTEPKA, J.–KAREL, W. (2014): OPALS – A framework for Airborne Laser Scanning data analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*, 45, pp. 125–136.
- POPESCU, C.S.–HAUGLIN, M. (2014): Estimation of Biomass Components by Airborne Laser Scanning. In M. Maltamo–E. Næsset–J. Vauhkonen (eds), *Forestry Applications of Airborne Laser Scanning*. Netherlands: Springer.
- VAUHKONEN, J.–MALTAMO, M.–MCROBERTS, R.–NÆSSET, E. (2014): Introduction to Forestry Applications of Airborne Laser Scanning. In M. Maltamo–E. Næsset–J. Vauhkonen (eds), *Forestry Applications of Airborne Laser Scanning*. Netherlands: Springer.
- YU, X.–LITKEY, P.–HYYPÄ, J.–HOLOPAINEN, M.–VASTARANTA, M. (2014): Assessment of Low Density Full-Waveform Airborne Laser Scanning for Individual Tree Detection and Tree Species Classification *Forests* 5, pp. 1011–1031.



# Talajképző laza üledékek térképezése domborzatmodell alapján

Kovács Károly – Dobos Endre – Gál Szabó Lajos – Vadnai Péter

Miskolci Egyetem, Földrajz Geoinformatika Intézet, Természetföldrajz Környezettan Intézeti Tanszék  
3515, Miskolc Egyetemváros, A/4 III. em., ecocares@uni-miskolc.hu

**Abstract:** An agricultural land-use suitability assessment based on soil and terrain data was made for a study site located in the Bükkhát region of Hungary. A 375 hectares of downy area was selected within the ambit of Berente. The diverse geologic conformation of loose sediments of the study-site resulted a special soil-forming environment, where all texture classes appear within a small area and pH ranges from 3.5 to 8.5. For mapping this diversity we needed to develop a field and digital soil-mapping method. This method is based on two assumptions, which are first: at the site the primary soil forming factor, which most define soil parameters is the parent material, and second the quality of the parent material and the morphology of the terrain is directly linked. Thus to map the soil parameters first we need to identify these parent material and terrain based soil forming units.

## Bevezetés

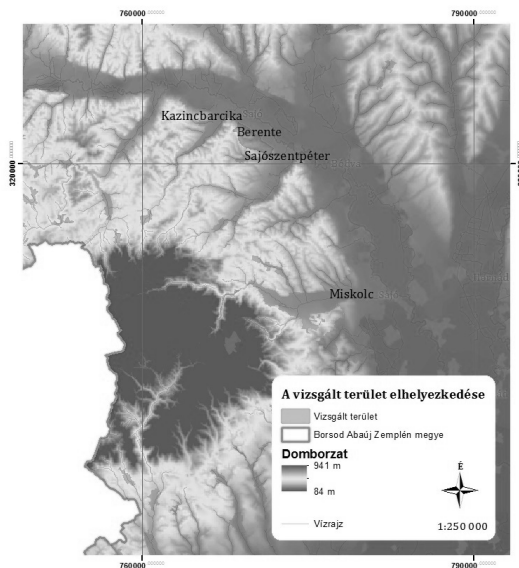
A XX. század eseményeit követően mostanra a falvak elvesztették önellátó képességüket, és a korábbi nehézipar dolgozói pedig a földdel kapcsolatos ismereteiket. Mégis komoly tendencia, hogy családok, vagy önkormányzatok a rendelkezésükre álló kisebb-nagyobb területeken gazdálkodni kezdenek, de még így is óriási területek állnak parlagon, használat nélkül, ami keresi helyét a magyar gazdaságban.

Magyarország területének 16%-a (14500 km<sup>2</sup>) domb- és hegyvidéki terület (tengerszint feletti magasság alapján), ez Borsod Abaúj Zemplén megye területének 40 százaléka. A megye területének 30%-a 12%-osnál erősebb lejtésű. Ezeken a területeken nagy táblás mezőgazdasági művelés nem alkalmazható, megfelelő termőhely-értékelő módszer nincs még rá kidolgozva, s nem állnak rendelkezésünkre pontos és elég részletes adatok sem.

## *A vizsgált terület bemutatása*

A vizsgált terület (*1. ábra*) a Bükkhát (Tardonai dombság) északkeleti peremén fekszik, a tengerszint feletti magasság 150 és 340 méter között változik. A nagyon tagolt domborzat kialakításában a Bükk kiemelkedésével járó tektonikai mozgások a meghatározók.

A területen előforduló két legfontosabb üledék összlet a Salgótarjáni Barnaköszén Formáció, mely Ottnangi-kárpáti korú mocsári, csökkent sósvízi, tengeri homok-, aleurit-, agyag-, és barnaköszénrétegek összlete, minek alján szárazföldi-édesvízi áthalmozott riolittufa, tufás agyag található, mely alsó miocén riolittufa



1. ábra A vizsgált terület elhelyezkedése

és -tufit áthalmozásából keletkezett. Illetve a Sajóvölgyi Formáció, amely Badeni-pannóniai korú uralkodóan szárazföldi és édesvízi üledékek váltakozásából áll.

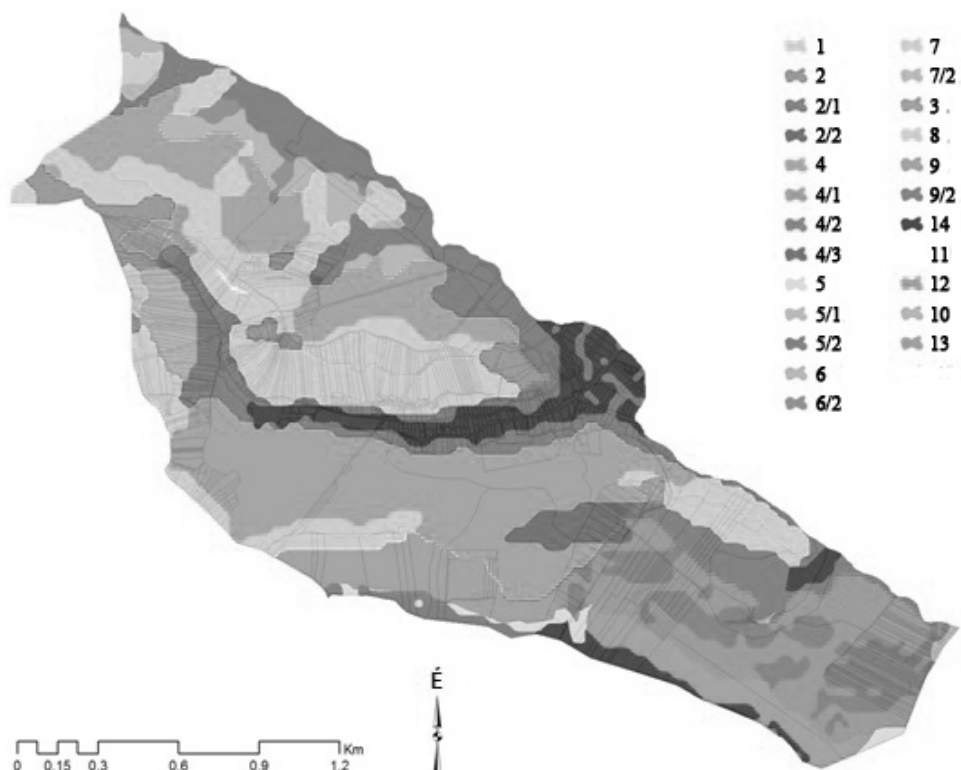
Ezekben az üledéksorokban a szélsőségesen karbonátos mészmárgától az erősen kilúgzott agyagig, 20 cm-es osztaréától a folyami és abrázios kavicsra, durva és finom homokra, iszapra, löszön keresztül a finom agyagig, 0,5-1 hektáronként megjelenik egy újabb talajképző kőzet, mely szélsőségesen befolyásolja a térképezendő, művelendő talaj fizikai vagy kémiai tulajdonságait.

## Anyag és módszer

Topográfiai helyzetük alapján a szelvények lehetnek különböző mértékben kilúgzottak, vagy jelenhet meg a vízhatás különböző mélységeiben illetve fedheti eltérő mélységű lejtőhordalék, de a terület talajai legfontosabb fizikai és kémiai tulajdonságaikat elsősorban a talajképző kőzettől öröklik. A laza üledékek állékonyságuk, tömődöttségük függvényében különböző formákat alakítanak, és különböző topográfiai helyzetben helyezkednek el, tehát a különböző talajképző kőzet egységek, geomorfológiai egységekkel azonosak, tehát a talajképződés legfontosabb tényezője modellezhető a domborzattal, s így a domborzat és a talajminőség függvényében területhasználati (termelési) egységek alakíthatók ki. Ezeket a talajtani alapon kialakított termelési egységeket térképeztük és vízhatás és domborzati helyzet okozta talajképződési folyamatok jelenléte alapján alkategóriákba soroltuk (2. ábra).

Az éghajlat hatását vizsgált területet mérete miatt egységesnek tekinthetjük és a mikroklimatikus hatások szintén a domborzat függvényében jelennek meg. 150 és 340 m tengerszint feletti magasság között változó felszín esetében a zonalitás is





2. ábra A talajképző kőzet és domborzati helyzet és vízhatás alapján elkülönített homogén talajtani egységek  
(alosztályok kódjai: 1-pangóvíz veszély; 2-mély lejtőhordalék, vízhatás a szelvényben 150cm-ig; 3-mély lejtőhordalék;)

elhanyagolható. A domborzat által meghatározott mikroklimát, illetve művelhetőséget jellemzően követi a területhasználat is.

### ***A terepi felvételezés***

A terepi felvételezés során a hasonló geomorfológiai adottságú részterületeket katénákkal tártuk fel. 36 ást és az ezekhez tartozó átlagosan 4 fűrt szelvény (összesen 137 db) adatai alapján dolgoztunk. Ez jelentős terepi munka, mely a nagyon változatos talajképző környezet megismeréséhez elengedhetetlen. Hasonló adottságú területekre kiterjeszthetők ezek az ismeretek, első körben a vizsgált terület közvetlen környezetére, még számos terepi leírással, de ezt követően már elegendő tanító adattal rendelkezünk, a teljes földtani formáció felszíni előfordulásának területének digitális térképezéséhez, és terepi feladatok már csak a validálással járnak majd.

A terepi leírás során feljegyeztük a szelvény környezetét, a területhasználatot, a talajképző kőzetet, a termő- és humuszos-réteg vastagságát. A szelvényben megállapítottuk a genetikai szinteket, színeket, fizikai féleséget, szerkezetet, karbonát megjelenését, tömödöttséget, kiválásokat, leírtuk a gyökök megjelenését

és az átmeneteket. Megállapítottuk a WRB diagnosztikai szintek megjelenését és a szelvényt a hazai genetikus, az új hazai diagnosztikus és a FAO osztályozás alapján besoroltuk.

A feltárt szelvények mindegyikét megmintáztuk. A laboratóriumban első körben a mechanikai tulajdonságait vizsgáltuk, 14 kiválogatott szelvénynek, hogy a terepi tapasztalatok alapján megállapított talajképző közet-béli rokonságokat alátámasszuk. Ezt követően választottuk ki a toxikus-elem terhelés minta-szelvényeit, és állapítottuk meg a mezőgazdasági alkalmasság értékeléséhez szükséges vizsgálatok referencia-szelvényeit is. A következő toxikus elemek felhalmozódását vizsgáltuk: As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Co, Se, Mo, Sn, Ba, Ag. A mezőgazdasági alkalmasság értékeléséhez a következő vizsgálatokat végeztük a kiválasztott mintákon: teljes tápanyagellátottság (makro- és mikroelemek), összes oldható só, karbonát tartalom, vizes és KCl-os pH, redox potenciál, szervesanyag-tartalom, arany féle kötöttségi szám, hidrolitos aciditás, és a reprezentatív szelvények esetében kationcsere kapacitás és bázistelítettség.

### *A digitális feldolgozás*

Terepi tapasztalatainkat használtuk a térképi feldolgozás legfontosabb részénél a talajtani alapon kialakított termelési egységek, azaz a homogén talajképző környezet lehatárolásánál, melyek egyben a hasonló területhasználati és művelési adottságokkal rendelkező egységes területek. Az egységes talajképződési területek poligonjainak lehatárolásához az osztályozás statisztikai eszköztárát alkalmaztuk. A felszín formáinak geometriáját leíró mérőszámok, melyeken az osztályozást végeztük a következők voltak:

- |   |   |
|---|---|
| 1. tengerszint feletti magasság           | 11. tszf. magasság szórása (3x3 ablak)  |
| 2. lejtőmeredekség (radián)               | 12. topográfiai nedvesség index   |
| 3. kitettség (radián)                     | 13. topográfiai helyzet index (3x3 ablak)                                       |
| 4. besugárzás (éves átlag)                | 14. domborzati egyenletlenség index (3x3 ablak)                                 |
| 5. érintőirányú görbület                  | 15. koszinusz lefolyásirány raszter DNy irányba elforgatva                      |
| 6. vízszintes görbület                    | 16. lefolyáshossz   |
| 7. lejtőirányú görbület                   | 17. lefolyásirányba számolt esés raszter és a lejtőkategória raszter különbsége |
| 8. tszf. magasság terjedelme (3x3 ablak)  | 18. lefolyásirányba számolt esés  |
| 9. lejtőmeredekség terjedelme (3x3 ablak) |   |
| 10. lejtőmeredekség szórása (3x3 ablak)   |   |

A terepi tapasztalatok és különböző domborzat morфомetriai mérőszámok osztályozása alapján a következő 14 termelési régiót határoztuk meg:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Meszes homokon kialakult talajok                                   | 4. Savanyú, áthalmozott vulkáni poron kialakult talajok |
| 2. Vörös agyagon kialakult talajok; laza szerkezetű felszíni szinttel | 5. Lejtőhordalék talajok                                |
| 3. Vörös agyagon kialakult talajok; felszínen nehéz agyaggal          | 6. Idős lejtőhordalékon kialakult talajok               |
|   | 7. Sárga agyagon kialakult talajok                      |

8. Lössön kialakult talajok
9. Mészgumós agyagon kialakult talajok
10. Kilúgzott homokon kialakult talajok
11. Mészmárgán kialakult talajok
12. Kavicsos kialakult talajok
13. Osztreá-törmeléken kialakult talajok
14. Réti talajok

1. táblázat A termelési régiók legjellemzőbb talaj-, tájhasználati, és domborzati tulajdonságai

0	1	2	3	4	5	6
1/37	HV	rossz; tömődött; erózióérz.	7-8/ 8-12%	Brunic, Calcaric ARENOSOL Stagnic	18-25% lejtő; D-DNy kitettség	szőlő (gyümölcsös) / szőlő (gyümölcsös)
2/63	AV-HAV felszínen, A mélyebben	közepes, pangás- veszély	5-6/ 0%	Endostagnic Endovertic LUVISOL Clayic Cutanic Profondic	5-10% lankás tetők	(szántó) gyümölcsös / szántó (gyümölcsös)
3/14	nehéz A	gyenge- közepes, tömődött	5/0%	Haplic VERTISOL Distric Stagnic	10-17% meredek lejtő; D-DNy kitettség	(gyümölcsös) / felhagyott bozót, kaszáló
4/99	IV-V	közepes, tömődött	3,5-4,5/ 0%	Stagnic ALISOL Siltic Cutanic	15-18% meredek lejtő, K-ÉK kitettség	erdő/erdő
5/65	változó	jó	vált.	PHAEZEM	lejtőalj	kert/kert (szántó, gyümölcsös)
6/11	4 osztály korábbi, emberi tevékenységek előtti áthalmozódása, jelentősége: a geológiai eredetű toxikus-elem terhelés referencia szelvénye, erdők alatt					
7/40	VA-A	gyenge, pangás- veszélyes	5-6/0%	Endostagnic REGOSOL Clayic Dystric Vertic	gerincen, 1 oszt. felett, lejtőn a 2 oszt. átmenete	(kert)/ erdő, bozót
8/3	V	jó	6-7/0- 5%	Endocalcic LUVISOL Endoarenic Cutanic Eutric	gerinc ormán, apró lösz sipka	(kert)/öntözés
9/12	H+A	gyenge- közepes	mátrix 4-5/ mész- gumók	Haplic CALCISOL Loamic (Clayic) Hypocalcic	meredek 15-18%; D-i kitettség	(szőlő)/gyep
10/6	H	közepes	7/0-5%	Epicalcaric LUVISOL Epiloamic Endoarenic Colluvic	12-17% lejtő; K-i kitettség	(szőlő, gyümölcsös)/ szőlő, kert
11/0,2	az 1 osztály homokjába rétegződött mészmárga rétegek, jelentőségük erózió védelemben és lejtőirányú karbonát után pótlásban					
12/1	csekély folt, karbonátos, laza folyami kavics					
13/1	csekély folt, karbonátos, osztrea törmelékes összlet					
14/23	H-V-A	reduktív körül.	6-7/0- 5%	Mollic GLEYSOL Colluvic Loamic, Endoclayic	völgytalpak	(szántó, kert)/ (szántó), kert, gyepek

0: termelési régió/ terület (ha); 1: Fizikai féleség; 2: Vizgazdálkodási tulajdonságok; 3: pH/CaCO<sub>3</sub>; 4: WRB besorolás; 5: Domborzati helyzet; 6: Területhasználati alkalmasság (meliorációt igényel) / jelenlegi területhasználat (kisebb hányadban)

Jelenleg a validálást végezzük, mely során véletlen kiválasztott pontokon ellenőrizzük talajpoligonjainkat. Ezzel együtt mintázunk is és bővítjük a talajtulajdonságok adatbázisát, mely alapján folytonos, raszter alapú térképeket készíthetünk a legfontosabb, könnyen mérhető talajtulajdonságokról (pH,  $\text{CaCO}_3$ , szerves szint mélysége, vízdoldható sók).

## **Összefoglalás**

A fent leírt módon nyert poligonok talaj-táj egységeket fednek melyeken belül egységes talajképző környezet alakítja a talajokat ily módon alkalmasak arra, hogy területükön belül pontszerű, mért talajparamétereket vagy diagnosztikákat kiterjeszthessük. További alosztályok készítésével diagnosztikai osztályokra bonthatók.

Jobb felbontású terepmodell alkalmazásával pedig kisebb egységek is lehatárolhatók, melyek fontosak lehetnek a környezetükben található, de más talajképző közeten kialakult talajok tulajdonságaira, például magas mésztartalmú laza üledék tető helyzetben, az erózió függvényében jelentősen befolyásolhatja a pH viszonyokat.

Véleményünk szerint, de ez még további vizsgálatokat igényel, a módszer kiterjeszthető a Bükkhát egészére illetve a Cserehát egy részére, mintegy 300 km<sup>2</sup> területre (Salgótarjáni Barnaköszén Formáció és a Sajóvölgyi Formáció felszíni előfordulása).

## **Felhasznált irodalom**

- FAO, World reference base for soil resources Rome, 2014
- Izsó I. (1986): Táblázatok a termőföld értékeléséhez. Budapest
- JASSÓ ET AL. (1987): Útmutató a nagy méretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Budapest
- MÁFI (2005): Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez 1:100 000 Budapest
- MAROSI S.–SOMOGYI S. (szerk.) (1990): Magyarország kistájainak katasztere. MTA FKI, Budapest
- MICHÉLI E.–FUCHS M.–LÁNG V.–SZABÓNÉ KELE G. (2013): Hazai talajosztályozási rendszerünk korszerűsítése, vitaanyag a MTT 2013. június 20-i ülésére
- RILEY S.J. ET AL. (1999): A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity, IJS Vol.5, No.1–4:23–27
- TELBISZ T.–SZÉKELY B.–TIMÁR G. (2013): Digitális Terepmodellek – Adat, látvány, elemzés, ELTE TTK FFI, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest
- WEISS A.D. (2001): Topographic position and landforms analysis, Poster Presentation, ESRI Users Conference, San Diego

# HypDA: MS Excel bővítmény spektrális adatok felhasználásához

Kovács Zoltán<sup>1</sup> – Szabó Szilárd<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
kovacszoli88.geo@gmail.com;

<sup>2</sup>egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.szilard@science.unideb.hu

**Abstract:** An MS Excel add-in called Hyperspectral Data Analyst (HypDA) was developed for statistical analysis of remote sensed data. It offers analysis for two main issue: (1) which part of the spectra shows high correlation with other measured values, (2) which part of the spectra shows possibility for separation between predefined groups. The shape of spectra is approached by the intensity values of given bands and calculated spectral indices. These values are used as independent variables for predicting other measured variables and used for hypothesis and separability testing. The tool has a user-friendly interface and it is freely downloadable from our webpage.

## Bevezetés

Az utóbbi években a távérzékelés egyik leggyorsabban fejlődő területe a hiperspektrális képalkotás volt (BALÁZS B.–LÓKI J. 2014; BURAI ET AL. 2015 A,B; DEÁK ET AL. 2012; LÓKI J.–SZABÓ G. 2006; NAGYVÁRADI ET AL. 2011; TÚRI, Z. 2002). Az eszközök méretcsökkenésének következtében számos tudományterületen megjelent a használata a légi felvételek elemzésétől a talajminták vegyi elemzéséig. A hiperspektrális anyagvizsgálattal az a cél, hogy a spektrum alapján következtetni tudjunk a minták fizikai-kémiai jellemzőire a már meglévő elemzési eredmények felhasználásával. A nagy spektrális felbontás egyúttal az információkinyeréshez felhasználható változók számát is megnöveli. A redundáns adattömeget a legtöbb esetben főkomponens analízissel vagy más dimenziócsökkentő eljárással lehet csökkenteni (SIMON ET AL. 2014). Ezek az eljárások azonban megkövetelik, hogy a minták száma ötszörös-tízszeres mértékben haladja meg a változók számát. Erre azonban nem minden esetben van lehetőség akár a minták elemzésének költsége okán, akár a vizsgálatokra felhasználható anyagemennyiség miatt.

A spektrum alakja természetesen nem hasonlítható össze egy konkrét vegyi elemzés pontosságával, azonban a spektrumnak lehetnek olyan jellegzetes alakbeli sajátosságai, melyek felhasználhatóak az anyagok jellemzésére (SZALAI ET AL. 2013). A multispektrális műholdas távérzékelés megjelenése óta számos spektrális indexet dolgoztak ki a földfelszín jellemzésére. Ezek közül a vegetációk jellemzésére használt NDVI (ROUSE, J.W ET AL. 1973) a legismertebb. A csatornák nagyobb spektrális felbontása a kisléptékű spektrumalak változások megfigyelését is lehetővé teszi. A hiperspektrális felvételek elterjedésével azonban a csatornakombinációk

száma jelentősen megemelkedett, viszont a mai számítógépek számítási kapacitását kihasználva lehetőségünk van minden általunk paraméterezett spektrális index összevetésére valamilyen más változónk függvényében.

## **Hyperspectral Data Analyst**

Kis elemszámú, de nagy felbontású hiperspektrális adatok statisztikai feldolgozásához 2012 szeptemberében kezdődött a Hyperspectral Data Analyst (HypDA) MS Excel bővítmény fejlesztése a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékén (KOVÁCS Z.–SZABÓ SZ. 2013). Két fő kérdés köré szerveződtek az implementált statisztikai vizsgálatok:

1. Amennyiben a minták spektruma mellett bármilyen fizikai-kémiai tulajdonságot is mérünk, akkor a spektrális görbe alakjának és a mért fizikai-kémiai paraméterek változásának összefüggésére korrelációt számolunk.
2. Amennyiben van olyan nominális változónk, amely alapján részhalmazokat tudunk kialakítani a mintákból, akkor megvizsgálhatjuk ezeknek a csoportoknak az elkülöníthetőségét hipotézis vizsgálatokkal, valamint szeparabilitási indexekkel.

A spektrális görbealak jellemzésére a görbe adott hullámhosszának az intenzitás értékei, vagy kiválasztott hullámhosszak intenzitásából számolt mérőszámok (indexek) lehetnek alkalmasak. Az ilyen jellegű spektrális indexek széles körben elterjedtek. A bővítményben lehetőség van arra, hogy párbeszédpaneleken keresztül, felhasználóbarát módon adhassunk meg paraméterezett képleteket (pl.:  $\text{Hullámhossz1} / \text{Hullámhossz2}$ ). Attól függően, hogy a felhasználó ehhez a képlethez rendel-e konkrét hullámhosszakot, lehetősége van arra, hogy egy konkrét modellt és ennek részleteit tekinthesse meg, vagy a vizsgálatok az adatbázisban előforduló összes lehetséges hullámhossz-kombinációra kiterjedjenek. Utóbbi esetben egy négy paramétert tartalmazó spektrális index, egy száz csatornát tartalmazó adatbázisból 10000 db 10000 értéket tartalmazó táblázatot készítene, melyből a könnyebb elemzések érdekében a legkedvezőbb értékeket kiemeli és tárolja a későbbi elemzésekhez.

## **Szerkezet**

A bővítmény egy xlam kiterjesztésű MS Excel bővítmény fájl (HypDA.xlam), mely mérete mindössze 1 MB. A fájl magába foglalja az összes későbbiekben tárgyalt funkcionalitást. 58 db párbeszédpaneljével, 25 000 soros és 1 000 000 karakter feletti terjedelmével egy igen összetett bővítmény, mely mégis felhasználóbarát módon igyekszik lehetővé tenni a statisztikai vizsgálatok végrehajtását.

A bővítményhez készítettünk egy nagyon egyszerű Google site-ot, ahonnan szabadon letölthető a bővítmény és egyéb információk, tutorial videók is elérhetőek: <https://sites.google.com/site/hyperspectraldataanalyst/home>

A bővítmény bekapcsolását követően megjelenik egy új „HypDA” fül az Excel menüszalagon, ahol az egyes funciók parancsikonokon keresztül érhetőek el. A bővítmény használatához szükségünk van spektrális, valamint egyéb (nominális,

skála típusú) leíró adatokra. A bővítmény legtöbb funkciója csak azokban a munkafüzetekben használható, mely magával a bővítménnyel lett létrehozva. Ez biztosítja azt, hogy az adatok a megfelelő szerkezetben álljanak rendelkezésre a műveletekhez.

Egy ilyen munkafüzetben az első munkalap (Worksheet, WS) a spektrális adatokat, a 2. WS az egyéb leíró adatokat tartalmazza. A 3. WS adott indexekre vonatkozó részletes elemzésekre alkalmas, míg a 4. WS egy nagy táblázat, ahol a paraméteres indexek minden kombinációjának eredménye tekinthető meg. Az 5. WS-n a táblázat legjobb eredményei vannak elmentve a későbbi elemzésekhez. A munkalapok közötti hivatkozások miatt a legjobb eredmények és a táblázatok bármelyik eleme egy kattintással részletesen megtekinthető a 3. WS-en.

### **Input adatok, transzformációk**

A legtöbb hiperspektrális adatot előállító eszköz (tanszékünk birtokában egy Avantes 2048 típusú készülék van) alapértelmezett output fájlja MS Excel fájl, vagy könnyen azzá alakítható Ascii állomány. Emiatt igen kézenfekvő, hogy Excel inputok megadásával automatikusan formázhatóvá tegyük az adatokat egy HypDA munkafüzetbe. Lehetőség van arra is, hogy az ENVI szoftver által kimentett ROI fájlt is közvetlenül beolvassa, ekkor a csoportok neveit, színeit is felhasználja, hogy a diagramokon könnyebb legyen azonosítani az ENVI-ben látott osztályainkat. Az importálási folyamatokat egy több panelből álló könnyen áttekinthető varázslón keresztül lehet végrehajtani.

A munkafüzetben szereplő spektrális görbéket SNV (Standard Normal Variate) és MSC (Multiplicative Scatter Correction) transzformációkkal, Savitzky–Golay filterezéssel simítani és deriválni is lehet. Adott szélességű tartományok és/vagy adott elnevezési szabályoknak megfelelő minták összevonhatóak (1 minta több mérési eredménye).

A menüsoron helyett kapott egy „Beállítások” gomb is, mely a munkafüzetben található adatok manipulálására szolgál. Egyes minták, csatornák szűrhetőek név szerint vagy bármilyen szűrőfeltétel alapján. Arra is lehetőség van, hogy ha egy csoport elkülöníthetőségét szeretnénk megvizsgálni a többi csoporttól, akkor azokat a csatornákat kivegyük a további vizsgálatból melyek nem felelnek meg valamilyen kitételnek. Például azokat, ahol a Jeffries-Matusita távolság adott hullámhosszon egyik csoportpár esetén sem éri el az 1,2-es értéket (maximuma 2). Vagy kivehetjük azokat a mintákat, amelyek valamilyen skála típusú attribútum esetén kiugró értékkel, vagy adott értékű attribútummal rendelkeznek. Az ilyen szűrési lehetőségek csökkentik a futtatási időket amennyiben nagy táblázatokkal, több száz csatornával, vagy több ezer mintával dolgozunk. A már meglévő csatornáinkból, attribútumainkból új attribútumokat hozhatunk létre. Műveleteket hajthatunk végre köztük (pl.: indexeket hozhatunk létre további műveletekhez), osztályozhatunk skála típusú attribútumokat nominális attribútumokká, vagy újraosztályoztathatunk.



## Implementált statisztikai vizsgálatok

A mélyebb statisztikai kapcsolatok feltárása előtt lehetőség van általános felderítő keresésre is. Ha vannak nominális jellegű attribútumaink, akkor érdemes definiálni ezeket mint csoportosítási alapokat, mert akkor a statisztikai elemzéseknél az egyes csoportokra külön-külön is megkapjuk a kért statisztikai mutatókat, a diagramokon pedig csoportjuknak megfelelő színekkel lesznek megjelenítve a mintáink. A csatornák intenzitásértékeire és az attribútumokra boxplotok, scatter plotok készíthetők, melyeket csoportok szerinti bontásban is lehetőség van megtekinteni. Megjeleníthetők kiválasztott minták spektrális görbéi. Minden egyes diagram egy kattintással exportálható a felhasználó által beállított munkakönyvtárba.

Amennyiben a fizikai-kémiai vizsgálatok eredményeit szeretnénk megbecsülni a spektrális görbe alapján, akkor meglévő mintáink csatornáinak intenzitás értékét vagy több csatorna intenzitás értékéből számolt spektrális indexeket használhatjuk fel. Ezeknek az értékeknek vizsgáljuk a korrelációját. Mivel az intenzitás értékekből, vagy az ezekből számolt spektrális indexekből próbáljuk becsülni a fizikai-kémiai tulajdonságokat, ezért előbbiek lesznek a független változók, utóbbiak a függő változók. Lineáris modell mellett automatikusan listázásra kerülnek az exponenciális, logaritmikus, hatványos és polinomiális modellek főbb paraméterei (pl.:  $R^2$ , szignifikancia), valamint RMSE (root-mean-square error), PRESS (predicted residual sum of squares) és egyéb értékek. Egy pontdiagram (a kiválasztott modell trendvonalával) segíti a vizuális értékelést. A kiugró értékeket Cook's distance alapján keressük, ezeket is kiemeljük a pontdiagramon, így jól lehatárolhatók ezek a pontok. A mintákat fel lehet osztani random módon test és training csoportokra, így lehetőség van a regressziós modell validálására is (Leave-one-out, Bootstrapping, K-fold módszerek).

A másik nagy funkciócsoport a mintacsoportok közötti elkülöníthetőség vizsgálatára vonatkozik. Egy index (egy dimenzió) használatakor hipotézis vizsgálatok alkalmazásával is lehetőségünk van két (Welch t-test, Mann-Whitney test) vagy több (Kruskal-Wallis test) csoport közti elkülöníthetőséget meghatározni. De lehetőségünk van arra is, hogy olyan indexeket keressünk, ahol adott csoportok között csak bizonyos fokú interpercentilis (pl.: 5–5%) átfedés van. Amennyiben egy vagy több dimenzióval (több index egyidejű használatával) dolgozunk, akkor Euklidészi, Mahalanobis, Bhattacharyya, Jeffries-Matusita távolságok, divergencia és transzformált divergencia a leggyakrabban használt eszközök a populációk közötti szeparabilitás mértékének meghatározására. A statisztikai vizsgálatok döntő többsége nagy táblázatok esetén is elérhető. Ekkor a táblázat minden egyes cellája egy-egy önálló modell, a benne található mintákkal, adott hullámhosszakkal, csoportokkal. Ezt egy kattintással alaposabban meg lehet vizsgálni, úgy hogy egyes minták ki-be kapcsolhatóak, vagy egyes hullámhosszak cserélhetőek.

## **Összefoglalás, kitekintés**

A tetszőleges forrásból származó hiperspektrális adatokat egy felhasználóbarát, de mégis széleskörű statisztikai vizsgálatokat felvonultató, bárki számára hozzáférhető eszközt fejlesszünk. A bővítmény alkalmas arra, hogy több száz csatornát és több ezer mintát tartalmazó adatokra futtassa a vizsgálatokat. Két fő kérdéskörre keressük a választ. A spektrum mely tartományai lehetnek alkalmasak arra, hogy (1) egyes fizikai-kémiai tulajdonságok becslésére felhasználhatóak legyenek, vagy (2) egyes populációk között elkülönítési lehetőséget biztosítson. Előbbire talajminták adatait használtuk fel (KOVÁCS Z.–SZABÓ SZ. 2015), hogy egyes talajtulajdonságok értékeit (pl.: pH, szervesanyag-tartalom) becsüljük, utóbbira egy Debreceni hiperspektrális felvételen azonosítható tetőtípusok adatait, hogy azbeszt tartalmú anyagok elkülöníthetőségét vizsgáljuk meg (KOVÁCS Z. ET AL. 2014).

## **Köszönetnyilvánítás**

A kutatáshoz szükséges számítógépes eszközök megvásárlását az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által meghirdetett, „Egyedi fejlesztést biztosító ösztöndíjak” című, NTP-EFÖ-P-15 kódjelű pályázati kiírás támogatta. A kutatást támogatta a Debreceni Egyetem (RH/751/2015).

## **Felhasznált irodalom**

- BALÁZS B.–LÓKI J. (2014): Vizes területek kimutatása a műholdfelvételek alapján a Rétközben. Tiszteletkötet Dr. Frisnyák Sándor geográfus professzor 80. születésnapjára. Nyíregyháza; Szerencs: Nyíregyházi Főiskola Turizmus és Földrajztudományi Intézete - Szerencsi Bocskai István Gimnázium pp. 235–245.
- BURAI P.–DEÁK B.–VALKÓ O.–TOMOR T. (2015): Classification of herbaceous vegetation using airborne hyperspectral imagery. REMOTE SENSING (7), pp. 2046–2066.
- BURAI P.–TOMOR T.–BEKŐ L.–DEÁK B. (2015): Airborne hyperspectral remote sensing for identification grassland vegetation ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 40 (3), pp. 427–431.
- DEÁK M.–ÓNODI ZS.–MARI L. (2012): Magyarországi falvak lehatárolása EO-1 - hiperspektrális űrfelvételek segítségével. ISBN 978-963-318-218-5, pp. 119–126., Térinformatikai Konferencia 2012. Debrecen.
- KOVÁCS Z.–SZABÓ SZ.–BURAI P.–SZABÓ G. (2014): Tetőtípusok azonosítása hiperspektrális felvételek alapján. ISBN 978-963-318-434-9, pp. 181–187, Térinformatikai Konferencia 2014. Debrecen.
- KOVÁCS Z.–SZABÓ SZ. (2015): Talajtulajdonságok becslése a LUCAS talajadatbázis spektrumkönyvtárával, ISBN 978-963-318-488-2, pp. 253–258, Térinformatikai Konferencia 2015. Debrecen.
- KOVÁCS Z.–SZABÓ SZ. (2013): Interaktív spektrum kiértékelés MS Excel környezetben: Bővítmény hiperspektrális adatok feldolgozásához. ISBN:978-963-318-334-2, pp. 251–255, Térinformatikai Konferencia 2013. Debrecen.

- LÓKI J.–SZABÓ G. (2011): Távérzékelési lehetőségek az erdőterületek változásának kimutatásában, különös tekintettel a Felső-Tisza-vidékre. In: Fazekas I (szerk.) II. Magyar Tájökológiai Konferencia: Az előadások és poszterek összefoglalói. Konferencia helye, ideje: Debrecen, Magyarország, 2006.04.07-2006.04.09. Debrecen: Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, pp. 381–387.
- ROUSE, J.W.–HAAS, R.H.–SCHELL, J.A.–DEERING, D.W. (1973): Monitoring 356 vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, 357 NASA SP-351, pp. 309–317.
- SIMON E.–BARANYAI E.–BRAUN M.–CSERHÁTI Cs.–FÁBIÁN I.–TÓTHMÉRÉSZ B. (2014): Elemental concentrations in deposited dust on leaves along an urbanization gradient. *Science of the Total Environment* 490, pp. 514–520.
- SZALAI Z.–KISS K.–JAKAB G.–SIPOS P.–BELUCZ B.–NÉMETH T. (2013): The use of UV-VIS-NIR reflectance spectroscopy to identify iron minerals. *Astronomische Nachrichten* 334:(9) pp. 940–943.
- TÚRI Z. (2012): A belvízveszélyesség minősítése műholdfelvételek alapján a Nyírségben. A Nyírség környezetminősítése vízellátottság szempontjából. Debrecen: Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, 2012. pp. 40–54.

# A Csongrád megyei országgyűlési választókerületek geoinformatikai elemzése a 2014-es eredmények alapján

Kovalcsik Tamás<sup>1</sup> – Vida György<sup>2</sup> – Mucsi László<sup>3</sup>

<sup>1</sup> geográfus MSc szakos egyetemi hallgató, mrkovalcsik@gmail.com

<sup>2</sup> egyetemi tanársegéd, SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, vidagy@geo.u-szeged.hu

<sup>3</sup> egyetemi docens, SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, mucusi@geo.u-szeged.hu

**Abstract:** The ruling party alliance implemented an electoral reform in 2011. The mixed nature of the electoral system was kept, however the boundaries of the single member electoral districts has been redrawn. This provides an opportunity to test the efficiency of the new boundaries with geoinformatics methods.

We investigation modelled in Csongrad county the older and new constituencies have disposition based on the 2014 parliamentary elections party lists results. We can conclude that the new law essentially solved the constitutional problem concerning disproportional constituencies, but in the new disposition create disproportional representation in Csongrad county. The socialist voters more homogeneous in the No. 1 constituency of Szeged than the other three.

## Bevezetés

A 2010-es országgyűlési választásokon a Fidesz-KDNP pártszövetség megszerezte a törvényhozásban a kétharmadot, így a jogot arra, hogy szükségszerűen átformálja az országgyűlési képviselők megválasztásáról szóló törvényt. Ezzel a jogával a 2011. évi CCIII. törvényben élt. A törvény tartalmazta az országgyűlési képviselők számának csökkentését és a választási eljárás menetének megreformálását. A törvény a parlamenti mandátumokat 386-ról 199-re csökkentette, továbbá a korábbi 176 egyéni választókerületből határ-átalakításokkal 106-ot hozott létre.

Ebből adódóan tanulmányunk fő kérdése, hogy az új választási rendszer sajátosságai hogyan alakították Csongrád megyében a politikai pártok mandátumhoz jutását, és hogyan formálták a szavazatok mandátumokká való alakítását a 2014-es országgyűlési képviselő választás eredményeinek tükrében.

A vizsgálatot a régi és az új rendszer összevetésével tettük meg. A Csongrád megyében lévő régi és új országgyűlési választókerületi határokat hasonlítottuk össze, oly módon, hogy mind a két szisztémában megjelenítettük a 2014-es országgyűlési választás alkalmával a pártlistákra leadott szavazatokat. Így meg lehetett vizsgálni a mintaterületen azt, hogy önmagában a kerület határok megváltoztatása mennyiben befolyásolta a választási eredményeket.

## A választókerületi beosztások földrajzi aspektusai

A választási rendszerek elemzése interdiszciplináris témakör, így sok tudományág foglalkozik vele (LEIB, J.–QUINTON, N. 2011). A tudományos publikációk széles köre vizsgálja a többségi, az arányos és a vegyes rendszer általános mandátumkiosztással kapcsolatos arányossági jellemzőit (GALLAGHER, M. 1991, MONROE, B. L. 1994), valamint elemzik a pártrendszerre gyakorolt összetett hatásokat is.

A vizsgálatoknál azonban sokszor az arányosság formálásában az összetett térbeli folyamatok játszanak szerepet, így a választási földrajz központi szerepet kap azokban a képviseleti demokráciákban, ahol a szavazatok mandátumokká alakítását valamilyen választókerületi léptéken oldják meg (JOHNSTON, R. 2002, 2015).

A választási földrajz négy meghatározó témakört vizsgált az elmúlt évtizedekben, amiben a választási rendszerek összehasonlítása és a választókerületek kialakításának kérdése központi szerepet kapott (LEIB, J.–QUINTON, N. 2011). Egyrészt azt vizsgálták a geográfusok, hogy a választási rendszerek hogyan képezik le leghatékonyabban a képviseletet. Másrészt a választókerületek megrajzolásának mikéntjére, valamint a területi aránytalanság (malapportionment) és a gerrymandering jelenségére is nagy hangsúlyt fektettek (HAJDÚ Z. 2006, KOVÁCS Z.–VIDA GY. 2015).

A választások földrajzi befolyásolásának jellegzetes példája Elbridge Gerry kormányzó esete, aki feltűnő karéj alakú választókörzeteket határolt le annak érdekében, hogy biztosan ő nyerje a választásokat (KENNETH C. M. 2008). A gyakorlatban két szélsőséges módszerrel lehet elérni, hogy egy adott párt növelni tudja választási esélyeit. Egyrészt létrehozhatunk egy homogén választókerületeket, ahol az ellenzéki párt támogatóit kiugróan magas arányban koncentrálnak. Másrészt heterogén választókerületeket hozhatunk létre, ahol a saját jelöltjeink nyernek mindenhol (CSÉFALVAY Z. 1994).

A témakörben elismert angolszász geográfus RON JOHNSTON (2002) vitaindító publikációjában a gerrymandering és malapportionment hatásait együttesen földrajzi torzulásoknak nevezi és mérésére egy pionír, kutató Ralph Brookes eljárását javasolja (BROOKES, R. H. 1953, 1960, JOHNSTON, R. 2002). A Brookes modellnek a lényege a következő: bizonyos pártot támogató szisztematikus torzulás akkor jelentkezik, ha országosan azonos eredményre aggregált pártok közül egyik több választókerületi mandátumot nyer el, mint a másik párt (PATTIE, C.–JOHNSTON, R. 2014, JOHNSTON, R. 2015).

Az imént felvázolt gerrymandering és malapportionment vizsgálatán túl a választókerületi beosztások kialakításánál a nemzetközi szakirodalom szerint több további kritériumnak kell megfelelni. Ilyen az etnikai diverzitás, a kompaktság és a földrajzi egybefüggő választókerületek létrehozása (WEBSTER G. R. 2013). Továbbá a választókerületek létrehozásánál törekedni kell arra is, hogy hasonló gazdasági, politikai és civil érdekcsoportokat soroljanak azonos területbe, a korábbi kerületek formáját is figyelembe kell venni (FOSTER, B. 2013). Megállapítható, hogy ez a

kritériumrendszer alapvetően egy amerikai mintaterületen kidolgozott modellt, amit az eltérő adottságok miatt nehéz a magyar viszonyokra alkalmazni, de elméleti támpontnak megfelelő.

A társadalmi igazságosság kérdéskörén túl matematikai korlátokat is felvet az arányos választókerületek kialakítása, hiszen hazánkban nem lehet átlépni a megyehatárt, ami komoly korlátozó tényező (KOVACS Z.–VIDA Gy. 2015). Továbbá a kerületek beosztásánál kialakult egyenlőtlenségek onnan is eredhetnek, hogy az eltérő pártpreferenciával rendelkező választók térben nem egyenletesen oszlanak el a települések között, így akaratlanul is kialakulhatnak sajátos formájú kerületek (CHEN, J.–RODDEN, J. 2013).

A szakirodalmi áttekintés alapján megállapítható, hogy a nemzetközi elméleti irányzatokban kialakított kritériumrendszer az eltérő választási rendszer miatt csak részben lehet megfeleltetni a poszt-szocialista országokra, így Magyarországra is, elméleti keretnek viszont alkalmazható. A geográfiának kiemelt szerepe van a választókerületek kialakításában, így a határok megrajzolásának vizsgálatában és így az erre ható tényezők feltárása folyamatosan aktuális kutatási kérdése a nemzetközi és a hazai választási földrajznak.

## **Módszertan**

Területi országgyűlési választási adatokat Magyarországon három léptéken lehet elérni: országos, választókerületi és szavazóköri szinten. Ahhoz hogy a 2014-es választás eredményét pontosan meg tudjuk jeleníteni a régi választókerületi szisztémában, ahhoz a legalacsonyabb szintre, a szavazóköri szintre, kell lemennünk.

A mintaterületünkön található mindkét választókerületi térfelosztás csak Szegedet osztottatöbb részbe. A régi választókerületi szisztéma három-, míg az új kétfelé osztotta Csongrád megye székhelyét. Így a többi településen elég volt a települési szintet elemezni. Viszont ezeket az adatokat is a szavazóköri választási eredmények összegeként kaptuk, mivel a Nemzeti Választási Iroda az országgyűlési választások alkalmával a települési eredményeket nem jeleníti meg.

Szeged esetében viszont a szavazókörök térbeli elhelyezkedésének és geometriájának pontos meghatározása fontos volt vizsgálatunk szempontjából. A szavazóköri térbeli adatbázis létrehozásának nehézségét az jelentette, hogy a tanulmány szerzői a szavazókörök elhelyezkedésére vonatkozóan semmilyen térbeli adatot nem találtak. Így csak a szavazóköri utcajegyzék állt rendelkezésünkre a határok meghúzásánál. Szeged esetében ez – a 2014-es választást nézve – 109 db szavazókört jelent. Ennek a feladatnak a megoldására használtuk fel a Quantum GIS nyílt forráskódú programot, amelynek OpenLayers Plugin moduljával, és az OpenStreetMap [2] ingyenesen elérhető vonalhálózati térképével sikerült megalkotnunk Szeged szavazóköri térbeli adatbázisát. A szavazóköri adatbázis segítségével már meg tudtuk rajzolni az új választókerületek Szeged közigazgatási területén belül lévő határait is. A régi beosztás pontos vonalait a 2010-es országgyűlési

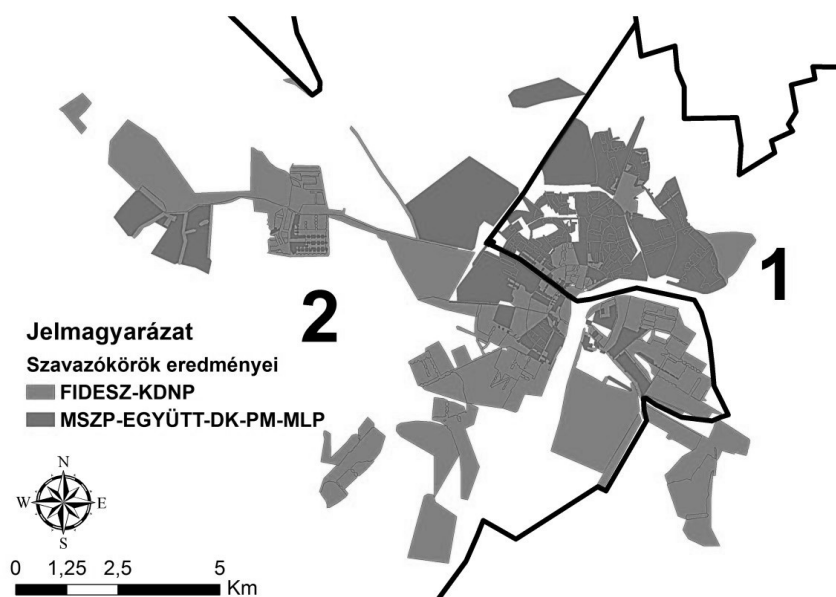
választások alkalmával használt 131 db szavazókör térbeli megrajzolását követően tudtuk meghatározni.

Vizsgálatunk következő lépéséhez egy térbeli leválogatásra volt szükségünk annak érdekében, hogy megtudjuk, mely 2014-es szavazókörök mely régi választókerületbe tartoztak volna. Ezt viszont nehezítette az a tény, hogy 9 db szavazókört a régi határok keresztbe vágtak volna. Ennek a problémának a megoldására újra felhasználtuk a szavazóköri utcajegyzéket, amelyben az egyes közterületekben található választópolgárok száma fel van tüntetve. Ennek alapján meghatároztuk az adott szavazókör két részének lakosságarányát, és – a szavazókörökön belül található pártpreferenciákat homogénnek tekintve – ezen arány alapján elosztottuk a szavazatokat a két választókerület között. Mindezeket elvégezve meg tudtuk jeleníteni a 2014. évi országgyűlési választás listás eredményeit a régi választókerületi szisztémában, amely alaptérképét jelenti a kutatásunknak.

### Az új választókerületi beosztás vizsgálata, Csongrád megye mintáján

Csongrád megyében a 2011-es országgyűlési képviselők megválasztásáról szóló törvényben négy választókerületet alakítottak ki az addigi hét helyett. A szegedi választási eredmények szavazóköri megjelenítését követően a győztes pártoktámogatottságának térbeli eloszlását figyelhetjük meg (1. ábra).

Megállapíthatjuk, hogy az új választókerületi kialakítást elemezve, a 2014-es választás eredményeivel, igen összetett információkhoz jutunk, főleg a két



1. ábra Szeged szavazóköreinek győztesei a 2014-es országgyűlési választáson, listás szavazatok alapján

Forrás: <http://valasztas.hu> [1], OpenStreetMap [2]. Szerk.: Kovalcsik T. (2015)



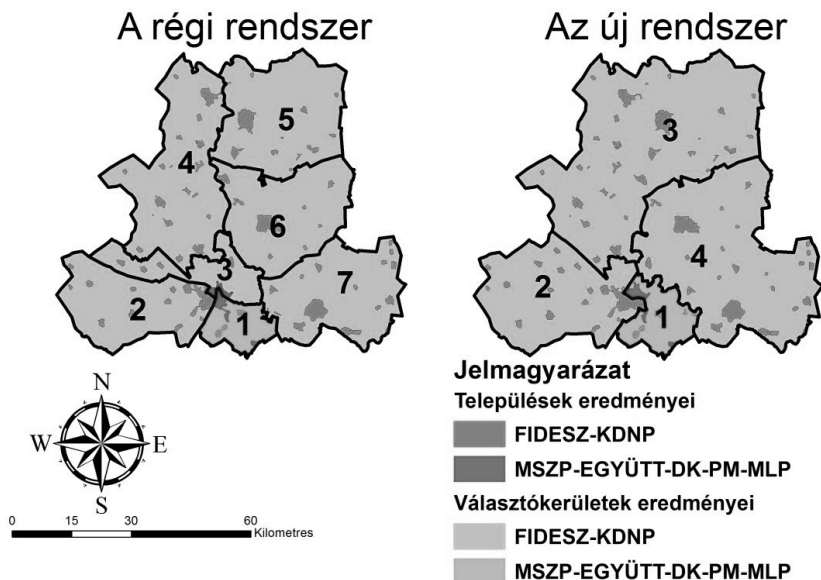
szegedi választókerület határait megnézve. Az 1-es választókerületben érzékelhető a szocialista szavazók térbeli koncentrációja és lehatárolása. Így e kerület kialakításánál a homogén területi egység jelenségét figyelhetjük meg, amely a nemzetközi szakirodalomban a gerrymandering egyik alaptípusa.

Ezt támasztja alá az 1. ábra, ahol a szegedi szavazókörök, az adott választás földrajzi egység győztes pártjának színezésével. A szegedi 1-es választókerületbe kerültek a település azon városrészei, amelyek hagyományosan baloldali beállítottságúak, így a panel lakótelepek többsége (Makkosháza, Rókus, Tarján) és azon külső területek, amelyekre még a fenti állítás ráillik (Baktó, Petőfitelep).

A 2-es választókerület határai a gerrymandering másik alaptípusának a kevert területi egységnek jegyeit viseli magán. Szeged kevésbé baloldali területeit vonták össze a hagyományosan erős jobboldali pártpreferenciával rendelkező mórakalmi és homokhátsági térséggel.

Megállapítható továbbá az is, hogy a nagyvárosokban a lakosság eltérő térbeli elhelyezkedése és a kisebb települések összevonása is komoly korlátokba ütközik. Így például Algyő nem maradt a szegedi választókerületekben, hanem a hódmezővásárhelyihez került, viszont a tortacikk forma megmaradt, így néhány homokháti falu (Pl.: Öttömös) is együtt szavaz a szegedi állampolgárokkal.

Azonban a választókerületi határhúzás és így a gerrymandering jelenségének viszonylagosságát mutatja az, ha a 2014-es eredményeket a régi választókerületi rendszerben ábrázoljuk (2. ábra). Itt a győztes pártszövetség még nagyobb arányban nyerte volna el az egyéni mandátumokat, mint az új szisztémában. Ennek az okai



2. ábra A 2014-es listásválasztási eredmények a két választókerületi beosztás szerint  
Forrás: <http://valasztas.hu> [1], OpenStreetMap [2]. Szerk.: Kovalcsik T. (2015)

lehetnek az új választókerületek határainak meghúzásánál megállapított jelenségek – miszerint az 1-es választókerület homogénen magában foglalja a Csongrád megyében lévő baloldali szavazók többségét, így ebben az MSZP-EGYÜTT-DK-PM-MLP jelöltjének győzelme nem okozott meglepetést.

Viszont a régi választókerületi rendszerben lévő 3-as kerületet – amely tartalmazza a baloldali panel lakótelepek többségét – elveszítette volna a baloldal, mivel e lakótelepi részek nem tudtak olyan baloldali többséget hozni, hogy a vidéki térségek – jóval kisebb lakosság számú – jobboldali többségét ellensúlyozza.

Az előzőekből adódóan – e választási eredmények figyelembe vételével – paradox módon arányosabb eredmény jött létre a Csongrád megyei egyéni mandátumok kiosztásánál, hiszen: FIDESZ-KDNP/MSZP-EGYÜTT-DK-PM-MLP:szavazati arány: 3/2, régi rendszer szerinti egyéni mandátumarány: 6/1, az új rendszer szerinti mandátumarány: 3/1. Annak ellenére is, hogy az új választókerületi kialakítást követően fellelhetőek a baloldali szavazók térbeli szegregációja és a deszegregációja is.

## **Összegzés**

Tanulmányunkban a Csongrád megyében lévő régi és új országgyűlési választókerületi határokat hasonlítottuk össze, a 2014. évi országgyűlési választás eredményeinek tükrében. Kutatásaink alapján arra a következtetésekre jutottunk, hogy az új törvény lényegében megoldotta azt az alkotmányossági problémát, amely a választókerületek eltérő népességszámból adódó aránytalanságából fakadt, de az új beosztás aránytalan képviselőt hoz létre Csongrád megyében. Ezt támasztja alá az, hogy a szocialista szavazók sokkal koncentráltabban vannak jelen az szegedi 1-es választókerületben, mint a másik háromban.

Ugyanakkor a gerrymandering jelenségét a választói magatartás is jelentősen befolyásolja. Erre a megállapításra jutottunk, amikor elvégeztük a kutatásunk fő elemzését, ugyanis a Csongrád megyei 2014-es választási adatokat elemezve arra azt az eredményt kaptuk, hogy a Fidesz-KDNP jobban járt volna a régi rendszerben, mint az újban, mivel így három-egyed, a régi rendszerben viszont hat-egyed egyéni győzelmet aratott volna. Mivel ennél a választásnál használták először az új választókerületi rendszert, ezért a jövőben célszerű a leendő 2018-as eredményekkel összevetni a 2014-es adatokat.

## **Felhasznált irodalom**

- BROOKES, R. H. (1953): Seats and votes in New Zealand. *Political Science*. 5.1. 37–44.
- BROOKES, R. H. (1960): The analysis of distorted representation in two party, single-member elections. *Political Science* 12. 2. 158-167.
- CHEN, J.–RODDEN, J. (2013): Unintentional Gerrymandering: Political Geography and Electoral Bias in Legislatures. *Quarterly Journal of Political Science* 8. 3. pp. 239–269

- CSÉFALVAY Z. (1994): A modern társadalomföldrajz kézikönyve. IKVA, Budapest. 346 p.
- FOSTER, B. (2013): Redistricting and the elusive ideals of representation. *Political Geography* 32.1. 15-17.
- GALLAGHER, M. (1991): Proportionality, disproportionality and electoral systems. *Electoral Studies*. 10. 1. 33-51.
- HAJDÚ Z. (2006): A 20. századi magyar parlamenti választások választási földrajzi kérdései. *Múltunk*. 51. 1. pp. 137-169.
- KENNETH, C. M. (2008): The original gerrymander. *Political Geography*. 27. 8. pp. 833-839.
- KOVACS Z.–VIDA GY. (2015): Geography of the new electoral system and changing voting patterns in Hungary. *Acta Geobalcanica*. 1.2. pp. 55-64.
- JOHNSTON, R. (2002): Manipulating maps and winning elections: measuring the impact of malapportionment and gerrymandering. *Political Geography*. 21.1. pp. 1-31.
- JOHNSTON, R. (2015): Which Map? Which Government? Malapportionment and Gerrymandering, UK-Style. *Government and Opposition* 50. 1. 1-23.
- LEIB, J.–QUINTON, N. (2011): On the Shores of the „Moribund Backwater”? : Trend sin Electoral Geogrpahy Research Since 1990.In: Warf, B. – Leib, J. (szerk.): *Revitalizing Electoral Geography*. Ashgate Publishing Company, Burlington. pp. 9–30.
- MONROE, B. L. (1994): Disproportionality and Malapportionment: Measuring Electoral Inequity. *Electoral Studies*. 13. 2. 132.149.
- PATTIE, C.–JOHNSTON, R. (2014): ”The elections shall meet their respective states” Bias and the US Presidential Electoral College, 1962-2012. *Political Geography*. 40.1. pp.35-45.
- WEBSTER, G. R. (2013): Reflections on current criteria to evaluate redistricting plans. *Political Geography*. 32.1. pp. 3-14.

#### **Internetes források**

- [1] <http://valasztas.hu/> (2015. január 25.)
- [2] <http://www.geofabrik.de/data/shapefiles.html> (2015. január 25.)



# Detecting salt berms on the Hortobágy from ALS data

Anikó Kozics

PhD student, Department of Physical Geography and Geoinformatics,  
kozics.aniko@science.unideb.hu

**Abstract:** ALS (Airborne Laser Scanning) is one of the most common remote sensing technologies nowadays. It results great amount of information of the terrain; both about the ground and surface objects. Processing this data is crucial, especially the classification of point clouds and the interpolation method used in generating DTMs and DSMs. ALS technology assists to produce high-precision and high-resolution DTMs of the terrain. Salt berms ("szikpadka" in Hungarian) are typical morphological features of salinized landscapes. They are quite steep edges on the flat surface of Hortobágy with about a few decimeters in height. Therefore, they are hard to recognize on a low-resolution DTM. The goal is to detect these relatively small height-differences on several DTMs.

## Introduction

Laser scanning technologies have lately become well-known methods in remote sensing. This method facilitates gathering a great deal of information about the terrain, especially elevation data. The dense point clouds enable to produce DTM and DSM which can be available for further analyses (hydrological modeling, urban-planning, geomorphologic analysis, archaeology etc.). There are different types of laser scanning (airborne, terrain and mobile), which need various approaches in order to process data. In this research, airborne laser scanned data were applied to retrieve information about the surface and examine the terrain.

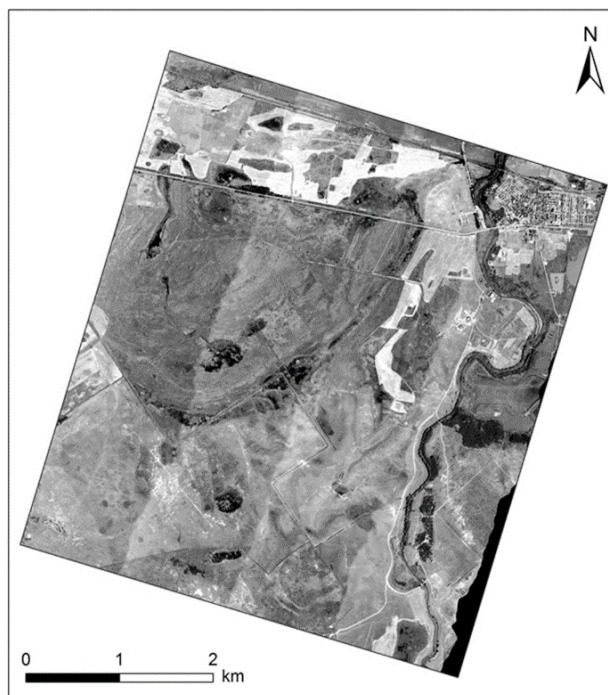
Processing LiDAR data is a complex method and there are some steps of great importance which influence the results. For instance, flight height, point density and other factors determined before flight are essential and unchangeable. In addition, classification of points is elemental and interpolation method used in generating models can be crucial, too. However, these can be chosen through the process and highly depend on surface properties. Different types of surfaces (urban, rural, forestry, plain) require other settings, therefore it is important to determine them well and adjust to the actual parameters. Naturally, the purpose of application defines the requirements and the most important necessities.

## Methods and material

The study area is a plain terrain with minimal relief, located on the fields of Hortobágy, Great Hungarian Plain. It is mostly a salinized landscape, consists of

grasslands with Solonetz soils, wetlands, small patches of forests, the River Hortobágy and Hortobágy settlement itself (*Figure 1*). The whole area is about 27 km<sup>2</sup> with a 10 m height-difference. The appearing micro-morphologic features are salt berms („szikpadka”), which are relatively steep edges of the surface with a few decimeters in height. They are composed of three distinct parts: a flat, plate-like, higher surface, a steep edge and then another flat, lower level (TÓTH, Cs. 2003A). Their development depends on a lot of criteria (TÓTH, Cs. 2003B), it is relevant to define the rate of erosion and/or accumulation. In order to analyze these features, it is necessary to get a precise survey about their size and spread. A global, low-resolution DTM is not sufficient for detecting berms due to their horizontal and vertical extension. High-resolution DTM (and DSM) can be produced from ALS data, which may be detailed enough to identify these changes of the ground.

ALS data was collected with an average 4 points/m<sup>2</sup> point density by a Leica ALS70-HP scanner. The point clouds were classified and projected using TerraSoid software. The horizontal (14 cm) and vertical (7 cm) precision of points were calculated. My goal was to create a DTM and examine whether salt berms are recognizable. Correct point cloud classification is essential for this, nevertheless, separating terrain and low vegetation points is a difficult task. Most automatic classification methods have a 85-90 % precision in finding ground points. In this area, it was great importance of classifying the points due to the mixing of ground and grass vegetation. Henceforth, I accepted the existing classes and focused on the different interpolation methods.



*Figure 1. The study area*

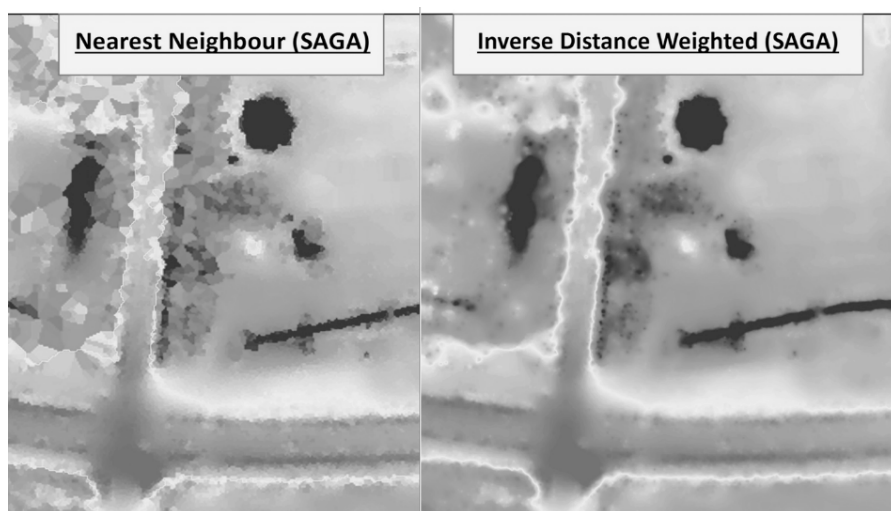
Since the study area is quite large, I chose one training LAS file to compare the results of the interpolation methods. This section contains points from all of the classes, so it is a representative sample. I applied Nearest Neighbor, Inverse Distance Weighted, Angle Distance Weighted and TIN of SAGA GIS; TIN and Binning of Global Mapper. I examined the descriptive statistics and visual appearance of the methods. Further validation was taken to evaluate the precision of DTMs.

## Results

The resolution of DTM and DSM was 50 cm, as this was the highest value where the files were manageable and small objects were recognizable. It turned out that there were slight differences between the interpolations considering the statistics. However, visualizations (cross-sections and DTMs) showed noticeable differences. Obviously, the two TIN methods, Binning and Nearest Neighbor and IDW - ADW were quite similar to one another, but alterations appeared while comparing to other ones. For instance, Nearest Neighbor and IDW differ evidently (*Figure 2*).

Cross-validations were taken on the DTMs using LiDAR points for choosing the most relevant and realistic interpolation. The reliability of DTMs were sufficient, 80-90% of discrepancies were far smaller than 10 cm. Considering the results, IDW interpolation was found to be the best method of all for this area. A segment of the DTM and DSM models of the landscape can be seen on *Figure 3*. Well-classified buildings and high vegetation were easily separated from the ground surface, but low vegetation and ground classification was a little bit problematic. Although, it did not cause any problem, since the salt berms were distinct features anyway.

The edges of salt berms are determined and these 10-30 cm heights can be detected on the DTM. For visualizing 3D data, a special mode was created (CHIBA, T.



*Figure 2. Comparing interpolation methods (Kozics, A. 2014)*



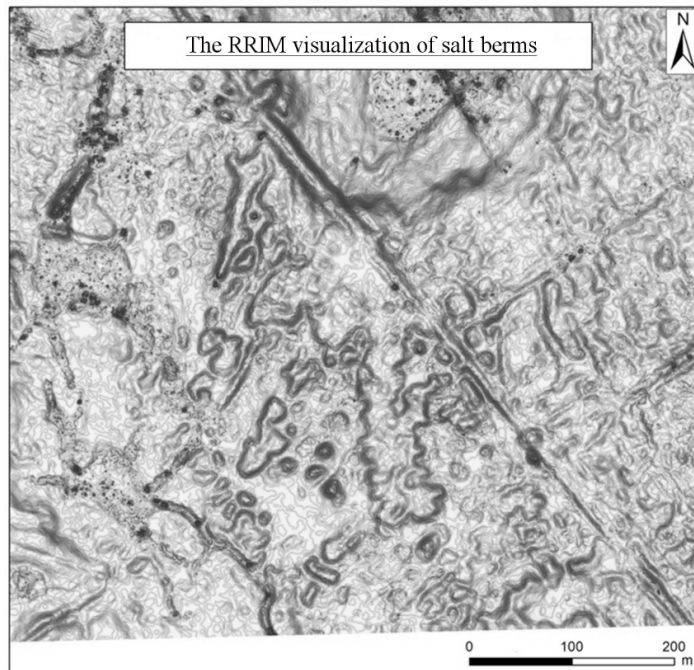


Figure 3. Sample DTM and DSM of the study area (Kozics, A. 2014)

ET AL. 2008), the so-called Red Relief Image Map (RRIM). This integrates the slope values with positive and negative openness. This openness denotes the concavity or convexity of the surface. The result is a map with red and grey colors. The more red means the greater slope and the darker grey areas show concavity. This map can be seen on Fig. 4 for my study area where there is a flat terrain with steep salt berms on its sides and the traces of erosion and degradation can be seen.

## Conclusion

ALS data can be well-applied to generate DTM and DSM models from point clouds, though some factors must be taken carefully. Through processing, classification must be correct considering the application of the DTM/DSM (which features or points are inevitable and which are less important). The interpolation method can influence the slight alterations of the terrain, therefore, it is advisable



*Fig. 4. Enhancing salt berms (Kozics, A. 2014)*

to choose it deliberately. It is crucial to create the highest, manageable resolution to catch surface features depending on their sizes. Eventually, a generated model needs to have a precision and reliability in order to apply it well for further analyses.

## References

- CHIBA, T.–KANETA, S.–SUZUKI, Y. (2008): Red Relief Image Map: New visualization method for three dimensional data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XXXVII(B2):1071–1076
- KOZICS, A. (2014): Domborzatmodellek készítése és felszíntípusok lehatárolása LiDAR adatok alapján egy hortobágyi mintaterületen. Diplomamunka. Budapest. 122 p.
- TÓTH, CS. (2003a): A Hortobágy negyedidőszak végi felszínfejlődésének főbb természeti és antropogén vonásai. Doktori (PhD) értekezés. 244 p.
- TÓTH, CS. (2003b): Szolonyec szikes puszták geomorfológiai értékelése dél hortobágyi vizsgálatok alapján. In: (szerk.: Tóth A.) *Ohattól Farkas-szigetig. Természet- és Környezetvédő Tanárok Egyesülete, Alföldkutatásért Alapítvány*. Budapest – Kisújszállás. pp. 97–114.



# Ultranagy felbontású légifelvételek multitemporális elemzése

Kozma-Bognár Veronika<sup>1</sup> – Magyary Vanda<sup>2</sup> – Berke József<sup>2</sup>

<sup>1</sup> mezőgazdasági szakértő, ÉLBC Nonprofit Kft., kozma.bognar@gmail.com

<sup>2</sup> főiskolai tanár, Gábor Dénes Főiskola, berke@gdf.hu

**Abstract:** In recent years, as a results of technological progress the development of research methods opened new opportunities to the effective application of information obtained from our environment. It is recommended to use these new methods to extend the subsequent analysis of time-series data as well. Using these new methods we examined the potential opportunities of multispectral and multi-temporal aerial images during the Kis-Balaton vegetation analysis. The main priority was to find the basic causes of the change in spread of the *Solidago gigantea* which is one of the invasive plants in Hungary. In this paper we presented the classification results of the high-resolution aerial images and their comparisons of meteorological and hydrological data.

## Bevezetés

Napjainkban a környezetünkéről gyűjtött távérzékelési információkat már sikeresen alkalmazzák a védett területeken található vegetációk területi kiterjedésének és elterjedésének monitorozására valamint a változások nyomon követésére. A multitemporális távérzékelési adatsorok által nyújtott többletinformációk megbízható adatközlést biztosítanak számunkra a vegetációk térbeli eloszlására vonatkozóan (KOZMA-BOGNÁR–BERKE, 2015). A légi- és űrfelvételek alkalmazásával a nehezen megközelíthető területeken lejátszódó folyamatok illetve változások egyszerűen feltérképezhetővé válnak, ezáltal a természetes és mesterséges beavatkozások befolyásoló hatásainak felderítése is könnyebben beazonosítható lesz (BERKE ET AL. 2013). A környezeti feltételekben bekövetkezett változásokra a növények indikátorként viselkednek, mely utal az egyes élőhelyek környezeti terheltségére, ökológiai állapotára, a biológiai sokféleség alakulására (MARTÍNEZ-LÓPEZ ET AL. 2014, NAGENDRA ET AL. 2013). A távérzékelési adatokból előállított vegetáció térképeket már az 1980-as évek óta használják a Kis-Balaton területén a magasabb rendű növényállományok monitorozására (SZEGLÉ ET AL. 1998, POMOGYI, 1985). A távérzékelési eszközök technikai fejlődésének köszönhetően a nagy heterogenitást mutató növényfajok is egyre pontosabban kerültek felvételezésre (ZLINSZKY ET AL. 2012). A területszámítások alapján kapott vegetáció változás-dinamikájának eredményei lehetővé tették, hogy a klímaváltozásból eredő regionális hatásokat is tanulmányozhassuk (ANDA ET AL. 2015, KOZMA-BOGNÁR–BERKE, 2015).

## Anyag és módszer

Kutatásaink helyszíne a Kis-Balatonon helyezkedik el, mely Európa fokozottan érzékeny területei közé sorolható, és a Balatonnal együtt világviszonylatban is egyedülálló ökoszisztémát alkot. Vizsgálataink mintaterületeként a Kis-Balaton II. ütem (Fenéki-tó) területén található Zimányi-szigetet választottuk. Az általunk vizsgált félsziget, egy homoksziget, a növényzet nagyrészt sovány csenkeszes gyep, gyomnövényekkel. A félsziget peremén mocsári növények, nád, gyékény található. Beljebb haladva megjelenik a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*) és a centrumban a gyomokkal tarkított fűfélék a meghatározó növényzet. A felvételek a Zimányi-sziget területét valamint a vízzel borított környezetét mutatják be. A légifelvételek fókuszpontjában egy félsziget található kelet-nyugati fekvésben (1. ábra).

A mintaterületünkön végzett idősoros elemzésekhez ultra nagy felbontású multispektrális légifelvételeket készítettünk, a legnagyobb geometriai felbontású légifelvétel 2,44 cm/pixel volt. Az alkalmazott digitális érzékelők (CANON 30D és 30DIR) által szolgáltatott adatsorok a látható (VIS: 0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ) tartományban valamint a közeli infravörös tartományban (NIR: 0,7-1,15  $\mu\text{m}$ ) készített felvételeket foglalták magukba. Készültek továbbá NDVI felvételek is (CANON 700D NDVI), amelyek a vegetáció állapotára, a növényzet fotoszintetikus aktivitására adnak közvetlen információt. A különböző felvétel eszközökkel készített felvételek előfeldolgozásaként illesztő eljárásokkal elvégeztük a csatornák összeillesztését, majd ezt követően 7 vagy 9 csatornás multispektrális állományokat hoztunk létre, melyeken a méréseket elvégeztük.

A mintaterületen elhelyezkedő növényállományok közül a *Solidago gigantea* növényfaj elterjedését vizsgáltuk, mivel ez a növény Magyarországon nem őshonos, „erősen invazív” botanikai besorolású növény (2. ábra). Az Észak-Amerikában őshonos, évelő, vízkedvelő növényt hosszúkás élénkzöld levelek és a 0,5 m – 2 m magasság jellemez. Augusztustól októberig virágzik, virágát a fitoterápiában



1. ábra VIS tartományú légifelvétel Zimányi-szigetről 2011. évben





2.ábra A Zimányi-szigeten elhelyezkedő *Solidago gigantea*

dolgozzák fel. A mérsékelt égövi mocsaras területeket kedveli, speciális összetételű talajra nincs szüksége. Magyarország nyugat-dunántúli tájain sok helyen elvadultan él, gyomként.

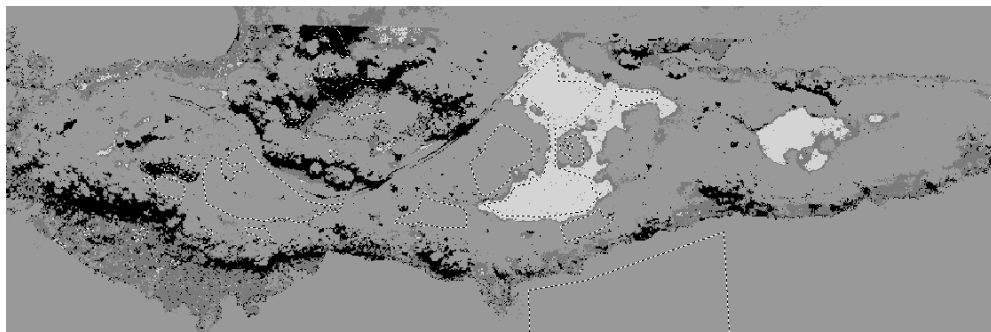
A multitemporális elemzéshez több évben készült idősoros légifelvételeket használtunk fel a 2010, 2011, 2013, 2014 és 2015 évekre vonatkozóan. A *Solidago gigantea* területi kiterjedésének vizsgálata során a légifelvételek osztályozását az ERDAS Imagine raszteres képfeldolgozó rendszer Maximum-likelihood moduljával végeztük.

## Eredmények

Az illesztett 7 illetve 9 csatornából álló multispektrális felvételek Maximum-likelihood eljárással történő osztályozását követően kapott eredményképeken meghatároztuk a magas aranyvessző százalékos arányát a teljes területhez viszonyítva (3. ábra).

Az osztályozott felvételek alapján mért területi borítottság első ránézésre véletlen eloszlást mutat (4. ábra). A mérési adatok alapján azonban megfigyelhetjük a növény terjedésének és visszahúzódásának periodikus váltakozásait az idő függvényében. A csökkenő tendenciájú értékek a szigeten található magas aranyvessző globális visszahúzódását mutatja. Míg 2010-ben a sziget 25,91%-át tette ki az invazív növény, addig 2015-ben már csak a sziget területének 20,99%-a volt. Megfigyelhetjük, hogy 2014 és 2015 között következett be a legnagyobb változás, csaknem 14% esést tapasztaltunk.

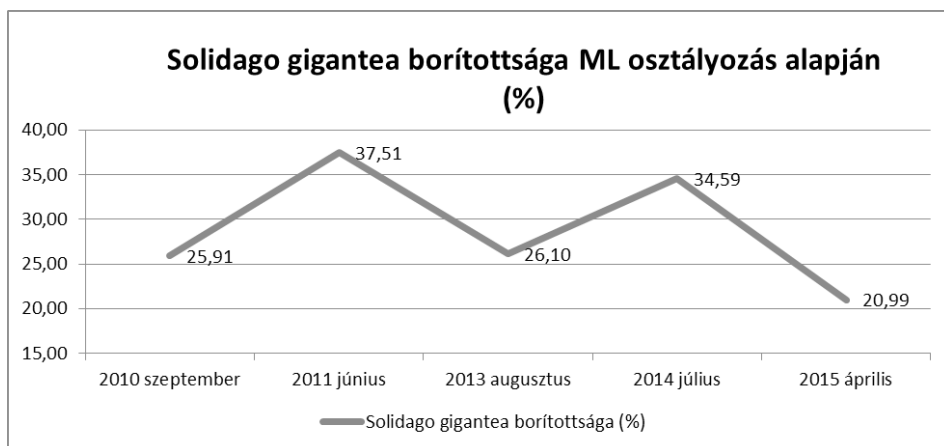
A mért adatok alapján megfogalmazódik a kérdés: milyen jelenségnek köszönhető ez a periodikus változás a borítottságban? A mérési eredmények magyarázatára több lehetséges ok is felmerülhet.



3.ábra A Maximum-likelihood osztályozás eredményképe

A növénynek az életciklusára jellemző a periodikus viselkedés, így ahhoz, hogy ennek megfelelően vizsgáljuk a számszerűsített adatokat, vizsgálnunk kell azt, hogy az év mely időszakában történt a változás. Ezért került a diagramra a megfelelő hónap felirat. Június és július, azaz a meleg nyári időszakban a kiterjedés kimagaslóan nagy volt, hiszen a *Solidago gigantea* terjedése a nagy melegben felgyorsul, a magas hőmérsékletű, száraz időszak ugyanis kedvez a növénynek. Április és szeptember hónapokban a növény terjedése mérsékelt, ami ugyancsak összecseng a növény viselkedésének a szakirodalomban található leírásával, amely szerint a mérsékelt csapadék és hőmérséklet hatására elterjedése visszafogott. A virágzási időszak nem egyértelműen határozza meg a terjedését, ezért a diagramon található áprilisi értékre hivatkozva nem jelenthetjük ki biztosan, hogy a virágzás befolyásoló tényező lett volna. Az élettani tények vizsgálata után, arra a következtetésre jutottunk, hogy az adott környezet meteorológiai és hidrológiai okai lehetnek a legvalószínűbb tényezők.

Az országos meteorológiai szolgálat elemzései szerint 2010. évben rekord mennyiségű csapadék hullott Magyarországra, majd 2011-ben a szárazság volt rekordmértékű. 2010. év szeptemberi hónapban készült a felvétel, és ekkor a



4. ábra Maximum-likelihood alapú osztályozással nyert *Solidago gigantea* borítottság %-os ábrázolása



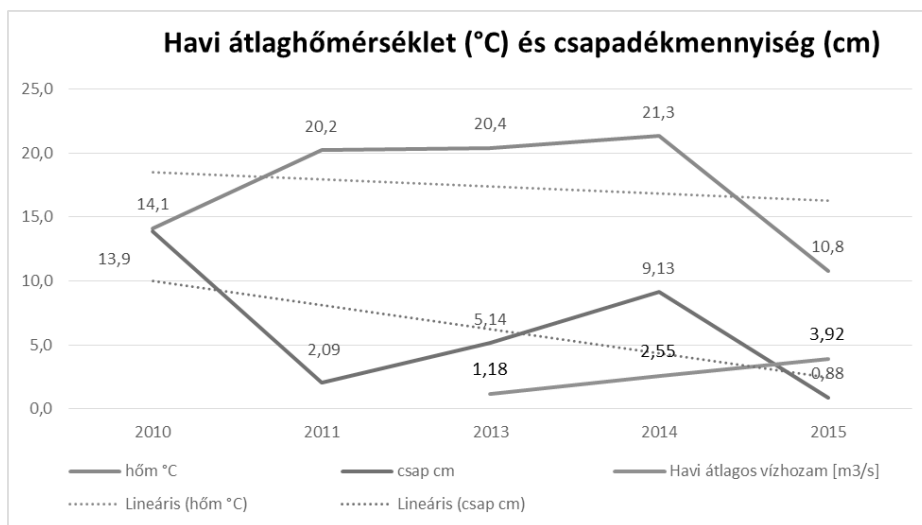
csapadékmennyiség országszerte nagyon bőséges volt. A grafikon arról tanúskodik, hogy ebben az évben a Solidago gigantea terjedése mérsékelt volt, vagyis a sok csapadék nem kedvezett a borítottságnak. 2011. áprilisában, és 2013. augusztusában átlagos csapadék mennyiség volt. 2014-ben – a felvételezés hónapjában – a csapadékmennyiség bőséges volt, de nem kiemelkedően, és a grafikonon látszik, hogy ez kedvezett a növénynek, hiszen a borítottság magas értéket vesz fel. Végül 2015. év igen száraz volt, ez nagyon nem kedvezett az aranyvesszőnek és a diagram ebben az időben mutatja a legnagyobb esést.

A meteorológiai elemzések és a növény élettani ismeretéből adódó tények egymást erősítik. A növény valóban nem kedveli a túl bőséges (2011. év) csapadékmennyiséget és a szárazságot sem (2015. év).

A 2013. évi borítottsági adat a növény visszaszorulását mutatja. Ebben az évben azonban globálisan a csapadék a növény számára optimális volt és a hőmérséklet is az igényeinek megfelelően alakult, a terjedése mégis visszaesett. E jelenség okának kiderítésére lokális – élőhelyre vonatkozó – hőmérséklet és csapadék adatokat kaptunk a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól (5. ábra).

A grafikonon a Zimányi-árok területére vonatkozó hőmérséklet és csapadék mennyiségek, rendre Celsius fokban és centiméterben jelennek meg. Az első, ami szembetűnhet az a 2015. év. Ebben az időszakban sem a csapadék sem a hőmérséklet nem volt optimális. Mindezt a növényi borítottság diagramja is megerősíti:

- 2010-ben közepes hőmérséklet és csapadék mennyiség volt, az aranyvessző kiterjedése is közepes volt.
- 2011. és 2014. években magas hőmérséklet kedvezett a növény terjedésének, mindez az 1. ábrán is jól látszik, hiszen a növényi borítottság nagymértékű volt.



5. ábra Havi átlaghőmérséklet és csapadékmennyiség a Zimányi-sziget területére

A növény borítottságának grafikonja már vizuálisan is nagyban hasonlít a hőmérsékleti görbére. Ebből arra is következtethetünk, hogy a növény jobban érzékeny a hőmérsékleti viszonyokra, mint a csapadékmennyiségre. További fontos tényezőként kiemelnénk a három trendvonalat. Mindegyik trendvonal majdnem megegyező szögben csökkenő tendenciát mutat. Vagyis a hőmérséklet és a csapadékmennyiség biztosan fontos befolyásoló tényezők a kiterjedésre vonatkozólag.

2013-ban optimális körülmények ellenére is minimális volt a borítottság. A jelenlegi adatok alapján arra következtethetünk, hogy a hőmérsékleti adatok és a csapadékmennyiség kizárható a visszahúzóódás okai közül. Mindez vélhetően a közeli gátrendszer építése miatt bekövetkező vízszintigadozás következménye lehet. Erre vonatkozóan jelenleg is folynak a vizsgálatok és hidrológiai adatelemzések.

## **Összefoglaló**

Idősoros ultranagy felbontású légifelvételek Maximum-likelihood eljárással történő osztályozása során kinyert borítottsági adatok alapján, egyértelműen igazoltuk a *Solidago gigantea* terjedésének a hőmérsékleti, valamint csapadékmennyiség adatokkal történő korrelációját. Az invazív magas aranyvessző növény borítottságának további vizsgálata során javasolt megfelelő (ultranagy) felbontású, multispektrális légifelvételek használata.

## **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság által szolgáltatott meteorológiai és hidrológiai adatokért, valamint az Igazgatóság szakembereinek önzetlen szakmai segítségükért.

## **Felhasznált irodalom**

- ANDA A.–SOÓS G.–TEXEIRA DA SILVA J.–KOZMA-BOGNÁR V. (2015): Regional evapotranspiration from a wetland in Central Europe, in a 16-year period without human intervention. *Agricultural and Forest Meteorology*. 205: pp. 60–72.
- BERKE, J.–BÍRÓ, T.–BURAI, P.–KOVÁTS, L.D.–KOZMA-BOGNÁR, V.–NAGY, T.–TOMOR, T.–NÉMETH, T. (2013): Application of Remote Sensing in the Red Mud Environmental Disaster in Hungary, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 8, No. 2. pp. 49–54. ISSN 1844-489X.
- KOZMA-BOGNÁR, V.–BERKE, J. (2015): Determination of Optimal Hyper- and Multispectral Image Channels by Spectral Fractal Structure. T. Sobh and K. Elleithy (eds.) *Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking and Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering (LNEE)*. Vol 313. pp. 255–262. DOI 10.1007/978-3-319-06773-5\_1. Springer International Publishing, Switzerland 2015.

- MARTÍNEZ-LÓPEZ J.–CARREÑO M.F.–PALAZÓN-FERRANDO J.A.–MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ J.–ESTEVE M.A (2014): Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 26, February 2014, pp. 193–204.
- NAGENDRA H.–LUCAS R.–HONRADO J.P.–JONGMAN R. H.G, TARANTINO C.–ADAMO M.–MAIROTA P. (2013): Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. *Ecological Indicators*, Volume 33, October 2013, pp. 45–59.
- POMOGYI P. (1985): Az elárasztás hatására bekövetkezett változások a Kis-Balaton makrovegetációjában (Nach Überflutung eingetretene Veränderungen in der Macrovegetation des Schutzsystems Kleiner Balaton.) XXVIII. Georgikon Napok, Keszthely, 1985. augusztus 22–23. II. pp. 709–716.
- SZEGLET P.–DÖMÖTÖRFY Zs.–POMOGYI P. (1998): A nádas határ változása a Kis-Balatonon az 1950-es évektől napjainkig. XL. Hidrobiológus Napok Tihany, 1998. október 7.–9. *Hidrológiai Közlöny*, 1999. 6. pp. 386–387.
- ZLINSZKY A.–MÜCKE W.–LEHNER H.–BRIESE C.–PFEIFER N. (2012): Categorizing Wetland Vegetation by Airborne Laser Scanning on Lake Balaton and Kis-Balaton, Hungary. *Remote Sensing* 2012, 4, pp. 1617–1650; doi:10.3390/rs4061617.



# Úrfelvétel alapú változásvizsgálat egy kárpátaljai mintaterületen

Kurtyák Ádám<sup>1</sup> – Turi Zoltán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Application Support Specialist, TeliaSonera International Carrier Hungaria Távközlési Kft.  
adamch@kmf.uz.ua

<sup>2</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
turi.zoltan@science.unideb.hu

**Abstract:** The paper investigates the changes in the land cover pattern of the former Szernye-swamp (Transcarpathia, Ukraine) with the application of Landsat satellite images (1988, 1994, 2001, 2014). The relative spatial ratios of land cover categories as well as the temporal changes concerning them were defined. The statistical comparative analysis regarding the accuracy of different classification methods was performed. During the examined period only minor changes could be detected in the relative spatial ratios of land cover categories of the landscape window. The most remarkable changes were observed in the case of land cover categories consisting of mainly agricultural lands. Results of the accuracy analysis of classification methods revealed that the accuracy of the maximum likelihood method is above 90%, while the result of the minimum distance classification is considered to be less reliable. The most significant difference between the results of the two methods were witnessed in the identification and delineation of grasslands.

## Bevezetés

Tanulmányunkban egy földrajzilag jól körülhatárolható tájrészlet felszínborítás változását vizsgáltuk. Választásunk az egykori Szernye-mocsár területére esett, mely korábban Bereg vármegye legnagyobb kiterjedésű állóvize volt Munkács és Beregszász között (ma Kárpátalján, Ukrajnában található). Az egykor 100–120 km<sup>2</sup> területű mocsár lecsapolása a 19. század második felében kezdődött (BOTLIK 2001). A téma történelmi feldolgozottsága kimerítő (BABJÁK 2010, BOTLIK 2001, PÓK 1994), de a földrajzi és ezen belül a műholdas távérzékelés alapú kutatások (LÓKI ET AL. 2004, TÍMÁR ET AL. 2005) alulreprezentáltak a magyarországi hasonló kutatásokkal szemben (BALLA ET AL. 2015, NAGYVÁRADI ET AL. 2011, OLASZ ET AL. 2015). A tájablak kijelölésekor egy a Kárpátaljai-alföldre jellemző mintázatú és textúrájú tájrészletet határoltunk le, melynek vizsgálati tapasztalatai reményeink szerint felhasználhatók lesznek a jövőbeni hasonló kutatások számára. Célul tűztük ki a felszínborítási kategóriák relatív területi arányainak számszerűsítését és időbeli változásainak meghatározását, valamint a különböző osztályozási módszerek pontosságának statisztikai összehasonlító elemzését.

## Anyag és módszer

A Szernye-mocsár kialakulása a kb. 10 millió évvel ezelőtt lezajlott vulkanikus aktivitáshoz köthető, amikor a mai Makkosjánosi, Nagyberég, Beregújfalu és Gát térségében a felszín megsüllyedt. Az alacsony térszínen egy vízfelület jött létre, amely idővel elmocsarasodott. A felszín nagy része réti és lápi agyaggal, tőzeggel borított mélyedés volt, melyből a környezetüknél 2-3 méterrel magasabb homokszigetek, az ún. gorondok emelkednek ki (LÓKI–VASS 2008). A homokdombok szárazulatai évszázadok óta ismert letelepedési helyet kínáltak az ember számára (LÓCZY 2000). Ezeken épültek fel a lápi falvak, melyek megfelelő módon alkalmazkodtak a helyi domborzati és vízrajzi viszonyokhoz. Az itt élő emberek halásztak, szántó- és erdőgazdálkodást folytattak, valamint gyümölcsligeteket tartottak fenn (FRISNYÁK 1999). A mocsarat a XIX. század második felében részben lecsapolták és gazdaságilag hasznosítható földterületté alakították (MOLNÁR 2009).

A kutatásban felhasznált műholdfelvételek az Amerikai Földtani Intézet (USGS) adatbázisából származnak, melyeket az Earth Explorer keresőfelületről töltöttünk le. A tájszerkezet változásvizsgálatához 4 időpontot választottunk ki, a műholdképek 4 különböző műholdtól származnak (*1. táblázat*). A felvételek Level 1G (L1G) minőségű radiometrikusan és geometriailag, valamint atmoszferikusan korrigált Landsat-termékek. A műholdfelvételek egységesen a WGS84 ellipszoidon értelmezett UTM vetületi rendszer 34N zónájába tartoznak. Mivel a vizsgált terület két keringési pálya (WRS-2: 185 és 186) metszetén található, így itt a szokásos visszatérési időnél (16 nap) gyakrabban készülnek felvételek, így az elemzésbe bevonható műholdképek száma is nagyobb. Ennek következtében kerültek kiválasztásra eltérő pályahelyzetből készített műholdfelvételek.

A vegetáció/felszínborítás vizsgálatára legalkalmasabb hamis színes közeli infravörös kompozitok elkészítéséhez a Landsat 4, 5 és 7 esetében az RGB 4, 3, 2, míg a Landsat 8 esetében az RGB 5, 4, 3 csatornakombinációkat használtuk. A valós színes kompozitok előállításához Landsat 4–5 és 7 esetén RGB 3, 2, 1, míg Landsat 8 esetén RGB 4, 3, 2 csatornakiosztással történt.

A felszínborítási foltok geometriájának és tematikájának pontos meghatározása céljából műholdas helymeghatározó készülékkel több napos terepi felvételezést végeztünk 2014 júliusában. A terepi felmérés során közel 200 pontot rögzítettünk,

*1. táblázat A felhasznált műholdfelvételek fontosabb technikai jellemzői*

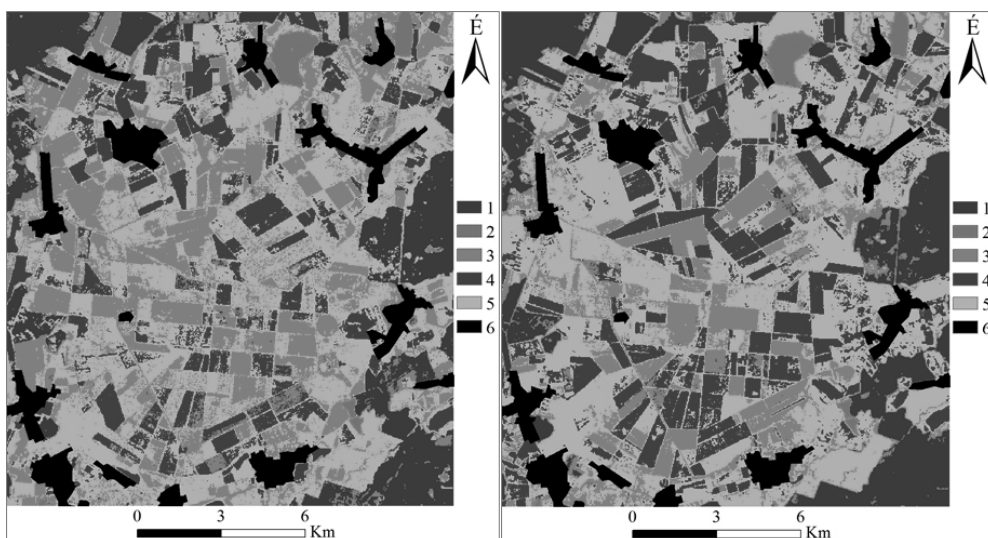
Műhold	Szenzor	Felvétel időpontja	WRS-2 <sup>1</sup> pálya (path)	WRS-2 sor (row)	Azonosító
Landsat 8	OLI/TIRS	2014.07.20	185	027	LC81850272014201LGN00
Landsat 7	ETM+	2001.07.15	186	026	LE71860262001196SGS00
Landsat 5	TM	1994.07.29	185	027	LT51850271994210XXX02
Landsat 4	TM	1988.07.27	186	026	LT41860261988209XXX04

illetve a felszínborítási foltok határait nyomvonalként vettük fel. A mérési helyszíneken készített gazdag fotódokumentáció nagy segítséget nyújtott a későbbi osztályozás során. Terepi tapasztalataink és a különböző csatornák szórásdiagramjainak vizsgálata alapján az alábbi felszínborítási kategóriákat különítettük el az osztályozás során: 1 – erdő; 2 – vízfelület; 3 – sűrű növényborítottságú terület; 4 – növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület; 5 – gyepterület; 6 – mozaikos beépítésű terület.

Az idősoros változásvizsgálatnál a legnagyobb valószínűség (maximum likelihood) módszert alkalmaztuk. A 2014. évi műholdfelvétel esetében az ellenőrzött osztályba sorolást és az osztályozás pontosságának ellenőrzését IDRISI szoftverben végeztük. A pontosságvizsgálathoz az előállítói pontosság (Producer's Accuracy, PA), a felhasználói pontosság (User's Accuracy, UA), a teljes pontosság (Total Accuracy, TA) és a Kappa egyezési index (Kappa Agreement Index, KIA) mutatókat használtuk (COHEN 1960, CONGALTON 1991). A felszínborítási foltterképeket ArcGIS-ben készítettük el.

## Eredmények

A rendszerváltás (1991) előtti időszakban a mezőgazdasági területek jellemzően nagyüzemi parcellákból álltak. Az osztályozás során ezeket sikerült megbízható módon lehatárolni (1. ábra). Az erdőterület esetében viszonylagos szabdaltság figyelhető meg. A vízfelületek osztályozásakor számos kisebb vízfelület lehatárolása történt meg, melyek a rendszerváltás utáni felvételeken már nem voltak



1. ábra A tájablak felszínborítása 1988-ban a Landsat 4 űrfelvétel alapján

2. ábra A tájablak felszínborítása 1994-ben a Landsat 5 űrfelvétel alapján

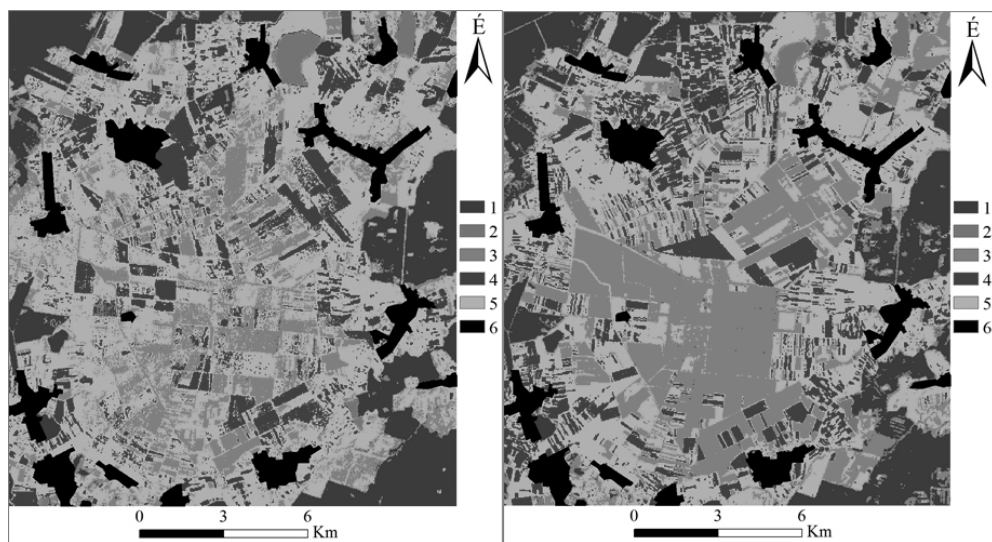
1 – erdő; 2 – vízfelület; 3 – sűrű növényborítottságú terület; 4 – növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület; 5 – gyepterület; 6 – mozaikos beépítésű terület



beazonosíthatók. Ezek nagy része az intenzív földhasználat során valószínűleg öntözővíz-tározó lehetett. A tájablak domináns felszínborítási típusa a gyepterület volt 39,2%-kal (1. ábra). A sűrű növényborítottságú terület aránya szintén jelentős (27,9%). A növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület 12,8%, ezt követi az erdő 12,1%-kal. A mozaikos beépítésű kimaszkolt terület részaránya az egyes időszakokban egységesen 6,7%. A legkisebb területi aránnyal a vízfelület rendelkezik, 1988-ban ennek értéke mindössze 1,3% volt.

Az 1994-es műholdkép kiértékelése során megállapítható volt a települések közvetlen szomszédságában fekvő mezőgazdasági területek felaprózódása az 1988-as időponthoz képest. A rendszerváltást követő parcellafelosztás a településektől távolabb eső nagyobb parcellák döntő részét ekkor még nem érintette. Az osztályozás azt mutatja, hogy az erdőfoltok több helyen összeolvadtak, területük ezáltal megnőtt (2. ábra). Jelentős mértékben nőtt a növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület aránya is (2. ábra), mely a sűrű növényborítottságú területhez hasonlóan 18% körüli relatív területi aránnyal bír.

A 2001-es űrfelvétel elemzése alapján egyértelmű és nagyarányú méretbeli változás figyelhető meg a mezőgazdasági területeken. A korábban nagy kiterjedésű parcellák feldarabolódtak, helyükön változatos művelésű nadrágszíjparcellák jelentek meg. A 30 méteres geometriai felbontás gyakran nem volt elegendő ezeknek az objektumoknak az azonosításához. Az osztályba sorolás eredménye azt mutatja, hogy az erdő és a vízfelület esetében nem történt jelentős változás (3. ábra). A főleg mezőgazdasági területekből álló felszínborítási kategóriák arányai a korábbi



3. ábra A tájablak felszínborítása 2001-ben  
a Landsat 7 űrfelvétel alapján

4. ábra A tájablak felszínborítása 2014-ben  
a Landsat 8 űrfelvétel alapján

1 – erdő; 2 – vízfelület; 3 – sűrű növényborítottságú terület; 4 – növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület; 5 – gyepterület; 6 – mozaikos beépítésű terület

időponthoz képest nagyobb mértékben módosultak. A gyepterület a tájablak közel felét foglalta el (47,6%), a sűrű növényborítottságú terület aránya változatlan maradt (17,8%). A növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület aránya pedig 1994-hez képest visszaesett (12,7%) (3. ábra).

A 2014-es felvételen szintén megfigyelhető a parcellák további feldarabolódása a korábbi idősíkokhoz képest (4. ábra). Az osztályba sorolást követően megállapítható, hogy az erdők nem teljesen zártak, a lombkorona több helyen felszakadozott, az állományok helyenként erdőirtásokkal szabdaltak (4. ábra). Ez a változás elsősorban a tájablak déli és keleti peremén elhelyezkedő erdők esetében volt látványos. A sűrű növényborítottságú terület szinte egybefüggő foltot alkot a tájablak középső részén. A terepi bejárás adatai alapján ezek döntő része kukoricatábla volt. A tájablak domináns felszínborítási kategóriája továbbra is a gyepterület maradt, aránya 38,7% (4. ábra), ezt követi a sűrű növényborítottságú terület 26,4%-kal. A növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület aránya (13,7%) közel megegyezik az erdőével (13,6%). A vízfelületek aránya lecsökkent 1% alá (elsősorban a Fornosi-tó vízfelületének zsugorodása következtében).

A pontosságvizsgálatot csak az utolsó idősíkban (2014) készült műholdfelvételből előállított eredménytérképeken végeztük el. A legkisebb távolság (minimum distance) módszerrel készített foltterkép pontosságvizsgálata során megállapítottuk, hogy a biztosan vízfelületként meghatározott pixelek közül 2 a gyepterület kategóriába esett, míg az erdő esetében 1 pixelt szintén gyepterületként azonosított a szoftver (2. táblázat). A sűrű növényborítottságú terület esetében már jelentősebb félreosztályozás következett be elsősorban a gyepterület (15 pixel), kismértékben pedig a növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület (6 pixel) kategóriákkal. Ennél durvább félreosztályozás figyelhető meg a biztosan növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú területként azonosított pixelek

2. táblázat A referenciapontok és a legkisebb távolság osztályozással készült foltterkép hibamátrixa

	1	2	3	4	5	$\Sigma$	UA (%)
1	69	0	0	0	2	71	97,18
2	0	68	0	0	0	68	100,00
3	0	0	49	1	9	59	83,05
4	0	0	6	41	4	51	80,39
5	1	2	15	28	55	101	54,46
$\Sigma$	70	70	70	70	70	350	
PA (%)	98,57	97,14	70,00	58,57	78,57		
<b>TA: 80,57%</b>							
<b>KIA: 0,757</b>							

1 – erdő; 2 – vízfelület; 3 – sűrű növényborítottságú terület; 4 – növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület; 5 – gyepterület; PA – előállítói pontosság; UA – felhasználói pontosság; TA – teljes pontosság; KIA – Kappa Index

esetében, ahol 28 elemi képalkotó tévesen gyepterületként, egy esetben pedig sűrű növényborítottságú területként került osztályba sorolásra. A gyepterület téves osztályba sorolása figyelhető meg a sűrű növényborítottságú területnél (9 pixel), a növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú területnél (4 pixel), valamint az erdőnél (2 pixel).

A felhasználói pontosság vizsgálatából kiderül, hogy az osztályozás során erdőként azonosított pixelek közül 2 valójában gyepterület volt, más félreosztályozás ebben az esetben nem történt. A sűrű növényborítottságú terület pixeljei gyakran tévesen a gyepterület kategóriába kerültek besorolásra (15 pixel), míg a növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület ezekkel a kategóriákkal közel azonos mértékben (4 és 6 pixel) eredményezett félreosztályozást. A gyepterület esetében figyelhető meg a legpontatlanabb osztályba sorolás, ahol a felhasználói pontosság értéke mindössze 54,46%. A félreosztályozás minden kategóriánál megfigyelhető, de elsősorban a növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület (28 pixel), illetve a sűrű növényborítottságú terület (15 pixel) tévesen beazonosított pixeljein.

Összességében elmondható, hogy a legjobb osztályozási eredménnyel az erdő és a vízfelület kategóriákat sikerült meghatároznunk, miközben a legbizonytalanabb a gyepterület azonosítása volt. A teljes pontosság értéke 80,57%, amely jó eredménynek számít. A Kappa Index értéke 0,757, mely erős kapcsolatra utal (CONGALTON 1991).

A következő pontosságvizsgálatot a legnagyobb valószínűség módszerrel készült foltterképen végeztük el (3. táblázat). Ennek alapján elmondható, hogy az erdő és a vízfelület kategóriák osztályozása ennél a módszernél is szinte tökéletes eredménnyel járt. A sűrű növényborítottságú terület nagyobb mértékben került félreosztályozásra a gyepterülettel. Kilenc biztosan ebbe a kategóriába tartozó pixel gyepterületként került azonosításra, illetve 8 biztosan gyepterületként azonosított pixel tévesen került bele ebbe a kategóriába. A legkisebb távolság módszer eredményével

3. táblázat A referenciapontok és a legnagyobb valószínűség módszerrel készült foltterkép hibamátrixa

	1	2	3	4	5	$\Sigma$	UA (%)
1	69	0	0	0	2	71	97,18
2	0	69	0	0	0	69	100,00
3	1	0	61	1	8	71	85,92
4	0	0	0	65	5	70	92,86
5	0	1	9	4	55	69	79,71
$\Sigma$	70	70	70	70	70	350	
PA (%)	98,57	98,57	87,14	92,86	78,57		
<b>TA: 91,14%</b>							
<b>KIA: 0,889</b>							

1 – erdő; 2 – vízfelület; 3 – sűrű növényborítottságú terület; 4 – növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület; 5 – gyepterület; PA – előállítói pontosság; UA – felhasználói pontosság; TA – teljes pontosság; KIA – Kappa Index

összehasonlítva jóval pontosabb osztályozás történt a növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú terület esetében. A kategória kismértékben mutat félreosztályozást a gyepterülettel. A gyepterület osztályozása szintén megbízhatóbb eredményt ért el a legkisebb távolság módszerhez képest, azonban a sűrű növényborítottságú területtel nagymértékben (9 és 8 pixel), a növényzet nélküli vagy gyér növényborítottságú területtel pedig kisebb mértékben (4 és 5 pixel) fordult elő félreosztályozás.

A teljes pontosság értéke 91,14%, ami kimagasló eredménynek számít. A Kappa Index szintén magas: 0,889, amely szinte tökéletes egyezést jelent (CONGALTON 1991).

## **Összegzés**

Az elemzés időhorizontjában a tájablak felszínborítási kategóriáinak relatív területi arányaiban csak kismértékű változásokat sikerült kimutatnunk. A legnagyobb változás a főként mezőgazdasági területekből álló felszínborítási kategóriák esetében volt tapasztalható. Az osztályozási módszerek pontosságvizsgálatának eredményei azt mutatják, hogy a legnagyobb valószínűség eljárás pontossága 90% feletti, a legkisebb távolság osztályozás eredménye kevésbé tekinthető megbízhatónak. A legjelentősebb különbséget a két módszer eredménye között a gyepterületek azonosításában és lehatárolásában tapasztaltuk.

Az ingyenesen elérhető Landsat űrfelvételek nagy területről szolgáltatnak recens adatokat a felszínborításról az elmúlt közel 40 évre visszamenőleg. Ezek felhasználásával és a különböző képosztályozási eljárásoknak köszönhetően megbízható eredményekhez juthatunk a változások elemzéséhez.

## **Felhasznált irodalom**

- BABJÁK Z. (2010): Részletek a Vérke történetéből. Kálvin Nyomda, Beregszász, 51 p.
- BALLA D.–ZICHAR M.–BARKÓCZI N.–VARGA O. GY. (2015): Cognitive interpretation of different spatial databases in web environment. In: Baranyi P. (szerk.): CogInfoCom 2015: Proceedings of 6th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications. IEEE, Győr, pp. 159–162.
- BOTLIK J. (2001): Volt egyszer egy Szernye-mocsár. Honismeret 29 (5), pp. 67–76.
- COHEN, J. (1960): A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement 20 (1), pp. 37–46.
- CONGALTON, R. G. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment 37 (1), pp. 35–46.
- FRISNYÁK S. (1999): Magyarország történeti földrajza. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 213 p.
- LÓCZY D. (2000): Az alföldi tájak változó hasznosítása és értéke. In: Frisnyák S. (szerk.): Az Alföld történeti földrajza. MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testület–Nyíregyházi Főiskola Földrajz Tanszék, Nyíregyháza, pp. 221–228.

- LÓKI J.–SZABÓ J.–KONECSNY K.–SZABÓ G.–SZABÓ SZ. (2004): Az erdősültség és az árhullámok kapcsolata a Felső-Tisza-vidéken. In: Barton G.–Dormány G. (szerk.): A magyar földrajz kurrens eredményei: II. Magyar Földrajzi Konferencia. SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, pp. 1102–1122.
- LÓKI J.–VASS R. (2008): Homokszigetek a Beregi-síkságon. In: Hanusz Á. (szerk.): Tiszteletkötet Dr. Gööz Lajos professzor 80. születésnapjára. Nyíregyházi Főiskola Turizmus és Földrajztudományi Intézet, Nyíregyháza, pp. 155–167.
- MOLNÁR J. (2009): Vízrajzi adottságok. In: Baranyai B. (szerk.): Kárpátalja. A Kárpát-medence régiói 11. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, pp. 130–141.
- NAGYVÁRADI L.–GYENIZSE P.–SZEÉNYI A. (2011): Monitoring the changes of a suburban settlement by remote sensing. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment* 5 (2), pp. 76–83.
- OLASZ A.–KRISTÓF D.–BELÉNYESI M.–BAKOS K.–KOVÁCS Z.–BALÁZS B.–SZABÓ SZ. (2015): Water Detection And Classification On Multi-Source Remote Sensing And Terrain Data. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-3 (W3), pp. 583–588.
- PÓK J. (1994): Bereg vármegye katonai leírása 1782–1785. Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Önkormányzat Levéltára, Nyíregyháza, 163 p.
- TÍMÁR G.–MOLNÁR G.–FERENCZ CS.–LICHTENBERGER J.–SZÉKELY B.–PÁSZTOR SZ.–BOGNÁR P. (2005): Deforestation as a primary cause of the recent flood peaks in the Pannonian Basin? – Counter-evidences from the Upper Tisza catchment. *Geophysical Research Abstracts* 7, Paper 01032. <http://www.cosis.net/abstracts/EGU05/01032/EGU05-J-01032-3.pdf> (letöltve: 2015. április)

# Üzleti térinformatikai megoldások – célok és lehetőségek

Labonczné Fehér Katalin

projektvezető, GeoX Térinformatikai Kft, feher@geox.hu

**Abstract:** DATA – MAP – SERVICE – SOLUTION - four pillars of Business GIS.

Business GIS helps to understand spatial differences of our customers or partners. Business decisions based on GIS analysis can be more successful. GeoIndeX provides database and services to analyse the characteristic of different locations, and specify the neighbourhood's profile. Comparing the data of demographic, income, and household we can conclude the volume of purchasing power of a smaller or bigger region.

## Bevezetés

Napjainkban egyre több szakterületen keletkezik nagy mennyiségű helyhez köthető adat. Az üzleti térinformatika a térbeliség bevonásával **segíti** ezeknek az **adatoknak** az **információvá alakítását**, térkép alapú összegzését, a területi összefüggések vizsgálatát, elemzését, az elemzési eredmények megértését valamint publikálását.

Az üzleti szektorban meghatározó szempont a **megtérülés** és a profit, ezért – egyre több üzleti területen – számos olyan eszköz bevonásra kerül a döntéshozatali folyamatba, mely a **költséghatékonyságot** növeli és a befektetési kockázatot csökkenti.

Az üzleti térinformatika mind a döntés **előkészítési** – pl.: telephelyválasztás, hálózatbővítés, körzetlehatárolás – mind az **ellenőrzési**, vagy az **optimalizálási** folyamatokban – pl.: hálózat- és körzetoptimalizálás, helyfüggő marketingstratégia kialakítás, területi hatékonyság-elemzés – segíti a döntéshozókat az új vagy korrekciós irányok meghatározásában, az üzleti döntések véglegesítésében.

## ADAT – TÉRKÉP – SZOLGÁLTATÁS – FEJLESZTÉS

Az üzleti térinformatikai megoldások **négy alappillére** a megfelelő **forrásadat**, a vizsgálatok és elemzések elvégzéséhez, valamint az eredmények megjelenítéséhez szükséges naprakész **térkép**, az adatok és a térképek összekapcsolhatóságát biztosító térinformatikai **szolgáltatások**, valamint a mindezt rendszerbe foglaló, a folyamatok – szükség szerinti – automatizálását biztosító fejlesztő/**fejlesztés**.



## Forrásadatok – Adatforrások és területi szintek

Semmilyen elemzés nem végezhető el a megfelelő forrásadatok rendelkezésre állása nélkül. Sok esetben a legkülönbözőbb adatforrásokból elérhető adatok összegyűjtése, előkészítése és rendszerezése nagyobb feladatot jelent, mint maga az elemzés, vagy az eredmények kiértékelése. A forrásadatok meghatározásánál fontos megkülönböztetni a térképi és a számszerű adatokat, valamint a **külső és belső adatforrásokat**.

Üzleti térinformatikai elemzések készítésekor külső adatforrásoknak tekintjük általában a *hivatalos, vagy állami forrásokból* származó, közigazgatási egységekhez köthető, jellemzően egy adott időszakra rendelkezésre álló adatsorokat. Ilyenek pl.: a KSH, a KEKKH vagy akár a NAV hivatalos adatbázisai, melyek megye, járás (*1. ábra*), vagy legjobb esetben település szinten állnak rendelkezésre.

A *belső – megrendelői* – üzleti adatbázisok elemzési adatainak területi szintje jellemzően egyedi – pl.: ellátási régiók, vagy képviselői körzetek –, struktúrájuk a gyűjtési cél, vagy a keletkezési hely szerint jelentősen eltérő. Az ügyfelekre vonatkozó forrásadatok általában irányítószám vagy cím szintűek (*2. ábra*).

## A GeoIndex adatbázis rendszere

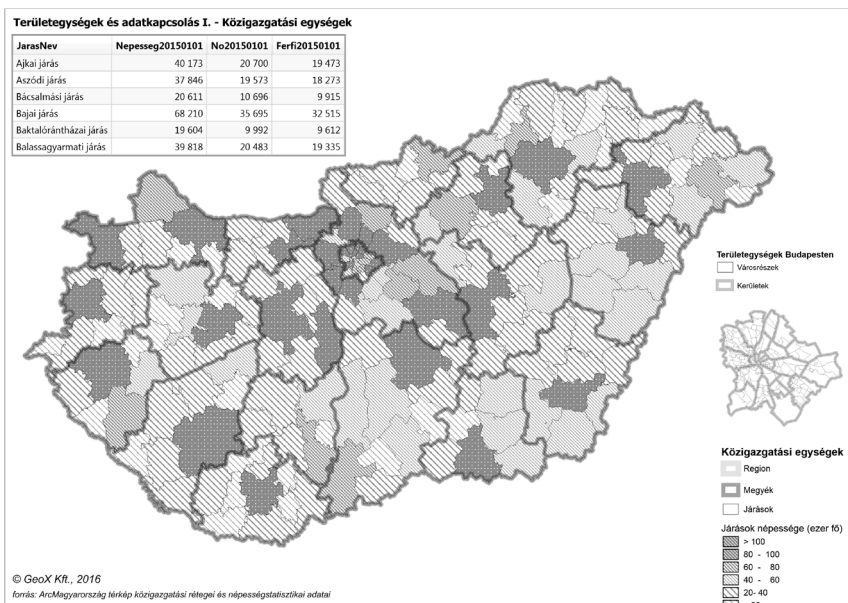
A GeoIndex adatbázis és szolgáltatás rendszerét – a változó piaci igényekhez igazodva, pályázati források felhasználásával – 2009-ben kezdtük el fejleszteni azzal a céllal, hogy egy egységes, állami és alternatív adatforrásokon alapuló, komplex, minden területi szintet lefedő elemzési alapadatbázist biztosítsunk ügyfeleink számára egyedi, terület alapú üzleti elemzéseikhez.

Az adatbázis rendszer egyaránt tartalmaz közigazgatási egységekhez köthető, **idősoros statisztikai elemzési alapadatokat** 2000-ig visszamenőleg a *demográfia, munkanélküliség, jövedelem, vásárlóerő és lakásállomány* témakörökben, valamint **számított mutatókat** – az üzleti szektorban meghatározó – település alatti szintre, elsősorban Budapestre és a nagyvárosokra.

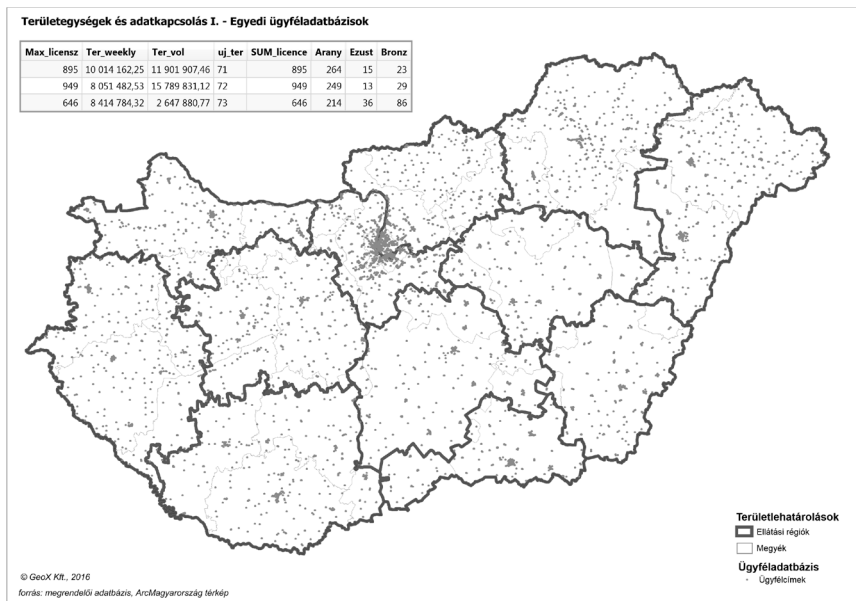
Fontos modulja az adatbázis rendszernek a **POI (Points of Interest) elemek** kategorizált és struktúrált adathalmaz, melyből – az elemzési cél függvényében – az egyes elemek szabadon leválogathatók, más elemzési adatokkal összekapcsolhatók, valamint térképen egyedileg vagy tematizált csoportokban megjeleníthetők.

A GeoIndex rendszerébe 2010-től épült be a **100x100 vásárlóerő adatbázis**, mely település alatti szinten – a 20 000 főnél népesebb magyar települések *lakott területeire vetített 100x100 méteres rácshálóra alapozottan* – biztosítja a **lakókörnyezeti jellemzők** vizsgálhatóságát. A 100x100 vásárlóerő adatbázis jellegzetessége, hogy az alap **demográfiai** adatok (lakónépesség, korcsoportos népesség, népsűrűség), és az azokból számított komplex mutatók (öregedési index, gyermek- és időseltartottsági index) mellett olyan **jövedelmi** és a lakókörnyezet leírására szolgáló **mutatókat** (beépítés jellege, lakóparkok, lakótelepek





1. ábra Közigazgatási egységekhez köthető adatforrások



2. ábra Egyedi területlehatárolások és adatforrások

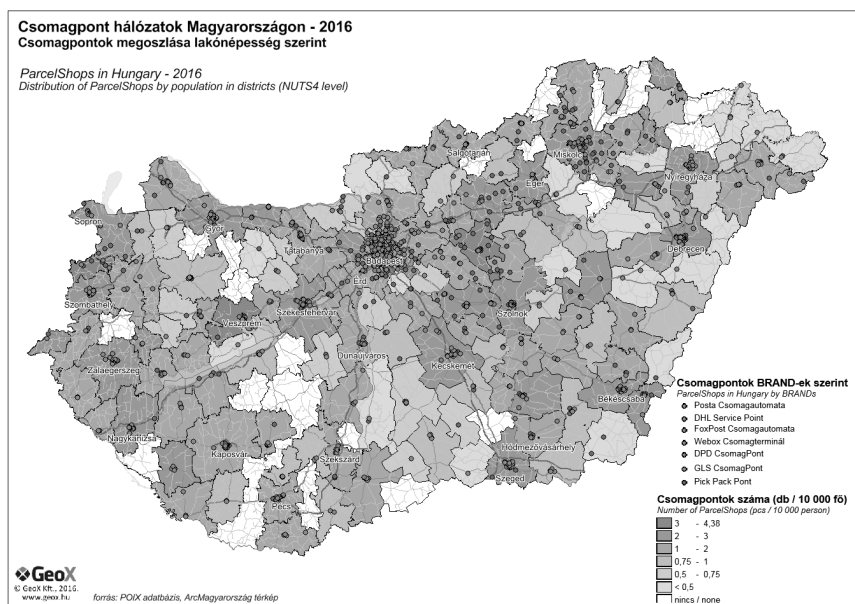
elhelyezkedése, kínálati ingatlanárak) is tartalmaz, mely nagyban segíti pl. a kereskedelmi célú üzleti elemzéseket. 2014-től az adatbázis tovább bővült olyan **komplex mutatószámokkal**, melyek a **helyben lakó népességen** túl képet ad a **napközbeni népesség** területi megoszlásáról is. Ezek a komplex, számított mutatók:

- a lakókörnyezeti index,
- a turizmus index,
- a gyalogos forgalom index,
- a városközpont index,
- a tömegközlekedési index (csak Budapestre).

A 100x100 adatbázis forrásadatai olyan alternatív adatforrások, melyek egyedi adatgyűjtések eredményeként épülnek, az állami adatforrásoktól függetlenek, így ezek vonatkozásában nem keletkezik az az időhátrány, mely az állami adatforrások jellegzetessége.

### A GeoIndex szolgáltatás rendszere

A megfelelő elemzések elvégzéséhez nem elég ha a forrásadatok strukturáltan rendelkezésünkre állnak. Szükség van olyan speciális térinformatikai szolgáltatásokra is, melyek lehetővé teszik az adatok és térképek összekapcsolását, az adatok térkép alapú összesítését, elemzését, valamint az elemzési eredmények térképi megjelenítését.



3. ábra Csomagpont hálózatok Magyarországon – Hálózatoptimalizálás és konkurenciaelemzés

Egyre szélesebb körben érhetők el azok a nyílt forráskódú, felhő alapú vagy webes megoldások, melyek lehetővé teszik az adatok és térképek gyors és egyszerű összekapcsolását az eredmények publikálását. Sajnos sok esetben ezek alaptérképe, alapadatbázisa vagy szolgáltatásstruktúrája nem a magyar viszonyokhoz illeszkedik.

A GeoIndeX rendszerébe tartozó cím (POIX) és utca (100x100) szintű adatbázisok a GeoX Kft. által készített és forgalmazott **digitális vektoros térképek és címadatbázisok** használatával készülnek (geokódolás alapadatbázisai), így azokkal szerves egységet alkotnak az elemzések során.

Üzleti célú elemzéseknél a **valós elérés**, valamint a **tényleges vonzáskörzet** lehatárolása meghatározó, mind a konkurenciaelemzéseknél, mind a lefedettség vizsgálatokkor, de a hálózat-optimalizálási folyamatok során is. A **KRESZ helyes navigációs alapadatbázis**, vagy – az akár a napszakoktól függő – valós forgalmi adatokat figyelembe vevő **elérési zóna lehatárolás** nagy mértékben segítheti az üzleti döntéshozatali folyamatokat.

## Megoldások

A különböző helyfüggő szolgáltatások, a webes címkereső és térkép alapú szolgáltatáskereső alkalmazások, vagy akár a hely alapú közösségi játékok és navigációs szolgáltatások népszerűségének növekedésével, rohamos terjedésével párhuzamosan nő a térkép alapú adatelemzés és megjelenítés iránti igény, az ilyen megoldások elismertsége is.

Ma már nem csak a nagy multinacionális cégek sajátja, hogy helyhez kötött ügyfeladatait térinformatikai módszerekkel elemzi, vagy elemezteti, hanem a közepes és kisebb vállalatok is nyitottabbá váltak az ilyen jellegű szolgáltatások iránt.

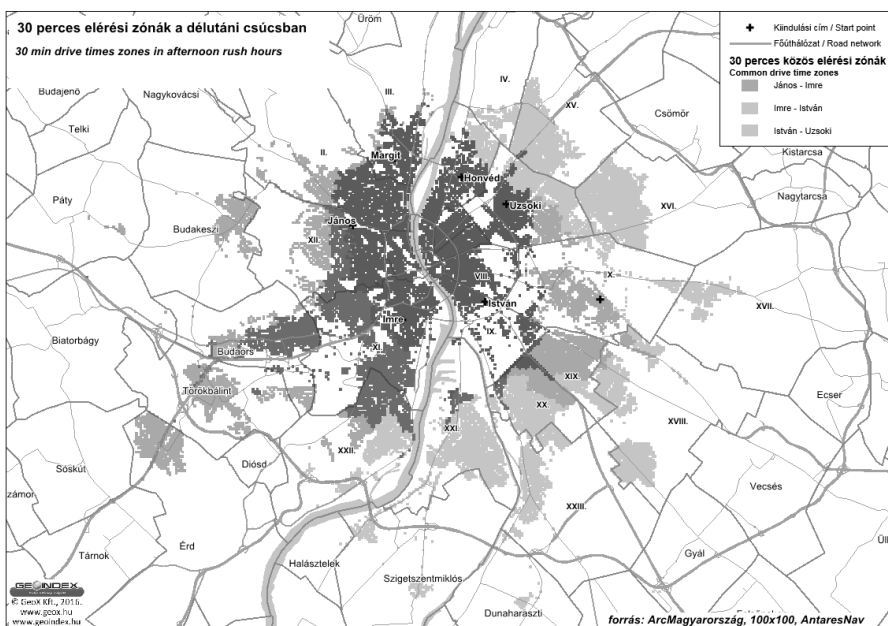
**Hálózatoptimalizálás és konkurenciaelemzés** – országos vagy térségi hálózattal rendelkező kiskereskedelmi szolgáltatónál jogosan felmerülő igény, hogy megtudja az elérhető célközönsége mekkora százalékát fedi le aktuálisan, milyen megtérülésre számíthat hálózata tovább fejlesztése során, vagy mekkora a konkurencia mértéke a kiszemelt célterületen (3. ábra).

**Telephelyválasztás és lokációelemzés** – a hálózatfejlesztési és optimalizálási folyamat egy következő lépése, mikor már a céltelepülés megvan, de tudni kell, hogy két potenciális helyszín közül melyik lokáció lehet az előnyösebb, vagy a választott lokáció milyen vásárlóerő potenciállal rendelkezik (4. ábra).

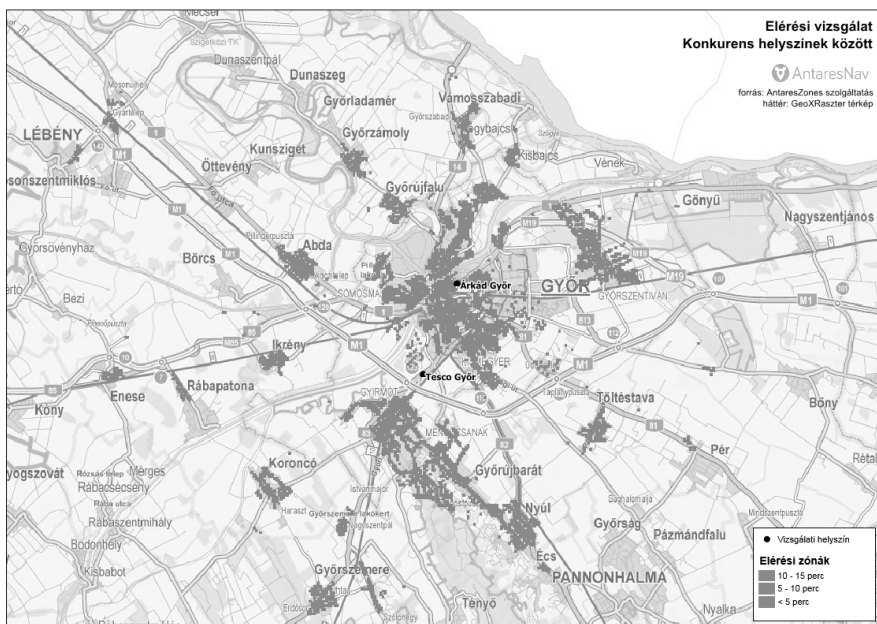
**Tényleges elérés vizsgálat** – a navigációs szolgáltatások terjedésével, a mobil eszközök fejlődésével és széleskörű elterjedésével párhuzamosan nyílt lehetőség az azokból származó helyfüggő adatok tömeges, anonim gyűjtésére, rendszerezésére és elemzésére, valamint az így kinyert információk visszaszolgáltatására a felhasználók felé (pl. forgalmi adatok visszapublikálása a navigációs szolgáltatásokba – GoogleTraffic, Waze, Egérút).



4. ábra Gyorsétterem telephelyválasztás és lokációelemzés



5. ábra Tényleges elérések vizsgálata – fővárosi kórházaktól



6. ábra Konkurens elérések vizsgálata – Győri bevásárlóközpontoktól

Ezek az adatgyűjtések teszik lehetővé egy adott helyszín tényleges autós elérésének vizsgálatát is. Az elérési vizsgálat eltérő eredményt adhat ha azt vizsgáljuk, hogy:

- egy adott helyszín egy adott napszakban **honnan** érhető el adott időn belül, vagy
- az adott helyszínről mi érhető el adott időn belül.

Az elemzés tovább finomítható ha:

- vizsgáljuk két különböző helyszín önálló vonzáskörzetét,
- majd megvizsgáljuk, hogy mekkora az átfedés a két helyszín vonzáskörzete között,
- majd azt is megvizsgáljuk, hogy mekkora népességet fednek le külön-külön és együttesen, melyből kiszámolható az elvonzás kockázatának mértéke is.

A GeoIndeX rendszerébe tartozó adatbázisok és szolgáltatások használatával további számos üzleti célú elemzés elvégezhető, az adatbázisok és szolgáltatások szabvány térinformatikai szoftverekbe illeszthetők, vagy használatukkal egyedi fejlesztések is készíthetők.





# BIM a térinformatikában

Lellei László<sup>1</sup> – Kari Szabolcs<sup>2</sup> – Sik András<sup>3</sup> – Riedel Miklós Márton<sup>4</sup>

<sup>1</sup> adatbázis-szakértő, Lechner Tudásközpont, laszlo.ellei@lechnerkozpont.hu

<sup>2</sup> BIM koordinátor, Lechner Tudásközpont, szabolcs.kari@lechnerkozpont.hu

<sup>3</sup> térinformatikus, Lechner Tudásközpont, andras.sik@lechnerkozpont.hu

<sup>4</sup> építészmérnök, Lechner Tudásközpont, miklos.riedel@lechnerkozpont.hu

**Abstract:** Designing of a building or urban planning are two different professions. Apart from the professional knowledge the data, the scale, the applied software are all different. However, these two areas depend on each other. In our opinion, planning does not end at the level of building, since a building pertains to a street, and a street is a part of a settlement. The process of the building designing has to be a part of the larger scale process of urban planning. Architects would need some information in the beginning of the designing, which is actually available at the urban level: localization of the parcel, built up density of the environment, local architectural regularization etc. It would be useful to give the opportunity for automated control after completing the design. Furthermore, the work of the urban planner could be highly supported with the 3D models of the buildings.

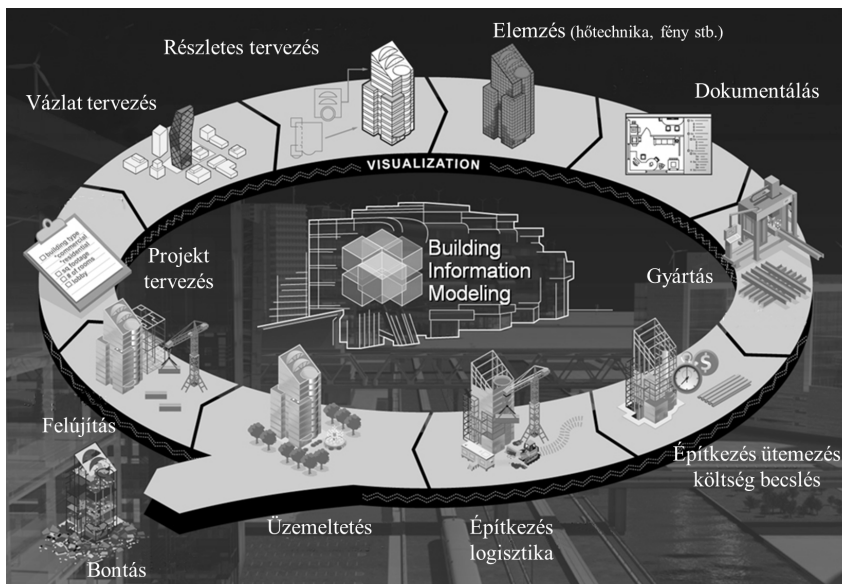
## Bevezetés

Az épülettervezés és a településtervezés két teljesen eltérő szakma. A szakmai tudáson kívül eltér az adatok köre, léptéke, illetve a használt szoftverek is. Ennek ellenére a két terület sokszor egymásra van utalva. A tervezés nem állhat meg az épület szintjén, hiszen az épület az utca, az utca pedig a település része. Az épületmodellből tovább kell lépni a településmodell szintjére. Az épülettervezés folyamata része kell, legyen a nagyobb léptékű településtervezés folyamatának. A tervezési szintek és a közöttük lehetséges kapcsolatok ismertetését követően bemutatjuk a 3D megjelenítés felhasználási módjait egy pilot projekten keresztül.

## Épülettervezés

A BIM az utóbbi évek egyik legnépszerűbb rövidítéssé vált az építész szakmában. A betűszó az angol Building Information Model kifejezésből ered. Ez tulajdonképpen egy épület teljes életciklusát átölelő intelligens, modellalapú folyamatként határozható meg, amely azért jött létre (*1. ábra*), hogy az építőipari projektek gazdaságosabb, gyorsabb és környezetkímélőbb kivitelezését támogassa. Megteremti a projektekben résztvevő – akár különböző szakterületeken dolgozó – személyek együttműködését, amely által számos előnyt biztosít a projekt teljes időtartama során a tervezők, kivitelezési szakemberek és tulajdonosok számára egyaránt (FRITTS M. 2012).





1. ábra Egy épület életciklusa (STEWART G. 2014)

A BIM az épülettel kapcsolatos valamennyi adat tárolásának és kezelésének rendszere, amely fizika leképezésében egy háromdimenziós modell-alapú adatbázist jelent. Ebből következik, hogy a BIM elsősorban modell, másodsorban adatbázis. Ez azért fontos, mert a felhasználni kívánt elemeket egy modelltérben építjük fel, azokat azonosítjuk, majd a modell elemekhez kapcsoljuk hozzá a felhasználás függvényében az attribútum adatokat: tartószerkezethöz a statikai jellemzőket, költségvetés esetén az árakat, energetikai elemzéshez a hőtechnikai jellemzőket.

A BIM előnye egyszerűen megérthető egy példán keresztül. Emeljünk ki az épület teljes életciklusából két részfolyamatot: az épület tervezését, illetve az ezt követő gépészeti tervezést. Az épület és a gépészet tervezője akkor fog tudni jól együttműködni, ha rendelkezésükre áll nem csak a saját, hanem a másik fél által tervezett objektumok összes információja is. Ez csak akkor lehetséges, ha ugyanazon a modellen dolgoznak. Ráadásul könnyen előfordulhat, hogy különböző tervezőszoftvereket használnak, ami újabb problémát okozhat. Ezért kifejlesztettek egy gyártófüggetlen, szabványos fájlformátumot, amely képes az építészetben használt BIM objektumok strukturált leírására. Ez az IFC (Industry Foundation Classes) formátum, amelyet a legnagyobb építészeti tervező szoftverek mindegyike kezel. A tervező elkészíti az épület terveit, és az előálló 3D modellt exportálhatja IFC formátumba, amelyet egy másik tervező (pl. épületgépész) importálhat saját munkájához. Amikor a szakági tervező végzett, szintén exportál egy IFC fájlt a saját tervfájljából, amely az adott szakágra specifikus tartalommal bír. Ezt a fájlt és annak adattartalmát hívja be az építész a saját szoftverébe, és dolgozza össze a saját terveivel.

## Településtervezés

A településfejlesztési koncepcióról, az integrált településfejlesztési stratégiáról és a településrendezési eszközökről, valamint egyes sajátos településrendezési jogintézményekről a 314/2012. (XI. 8.) Kormányrendelet tartalmaz előírásokat.

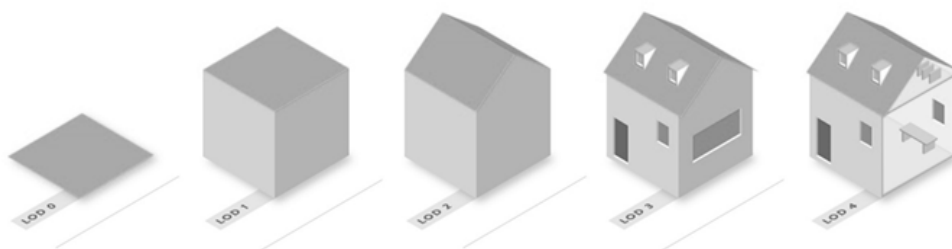
Ez a rendelet azt fogalmazza meg, hogy a települések saját hatáskörben alakítják ki az infrastruktúra-hálózatot, szabályozzák a területfelhasználást, illetve a helyi építési rendet, miközben védik a környezet természeti, táji és épített értékeit, valamint biztosítják az összhangot a magasabb szintű szabályozásokkal. Ennek eszközei (VINCZE L. 2010):

- a településfejlesztési koncepció, amelyet a települési önkormányzat képviselőtestülete határozattal állapít meg;
- a településszerkezeti terv, amelyet az önkormányzati településfejlesztési döntés figyelembevételével a települési önkormányzat képviselőtestülete dolgoztat ki, és határozattal állapít meg;
- a helyi építési szabályzat és a szabályozási terv, amelyet a településszerkezeti terv alapján a települési önkormányzat képviselőtestülete dolgoztat ki, és rendelettel állapít meg.

A helyi építési szabályzat (HÉSZ) tartalmazza, hogy egy adott telekre milyen építési szabályok vonatkoznak. A Lechner Tudásközpont működteti az Építésügyi Monitoring Rendszert (ÉMO), amely ezen információk 2D térképes megjelenítésével támogatja a helyi építésügyi munkatársak munkáját. A probléma az, hogy jelenleg a szabályozási terv közvetlenül nem összevethető az építésügyi hatóságokhoz 2D formátumban beérkező engedélyezési tervekkel, így automatikusan semmiféle ellenőrzés nem végezhető el. Ráadásul bizonyos szabályok nem csak a földrészlet térbeli elhelyezkedésétől függenek, hanem az odaépített építménytől magától is. Például adott telken az odaépíthető épület építménymagassága függ az épület utcai homlokzat-felületének méretétől. Az ellenőrzéshez ezt az adatot ki kell olvasni az épület IFC állományából, majd a megfelelő algoritmussal ki kell számolni az építménymagasságot, s ezt vissza kell ellenőrizni a szabályozási tervben szereplő övezeti korlátozással. Jelen helyzetben sajnos ennél sokkal egyszerűbb ellenőrzés sem végezhető el automatikusan (pl. telekhatártól való távolság tartása), mivel az ehhez szükséges adatok nem, vagy nem megfelelő formában állnak rendelkezésre.

## Kapcsolat az épület- és a településtervezés között

Jelen állapot szerint nincs korszerű informatikai adatkapcsolat a két lépték között. Az építész a tervezés megkezdése előtt tájékozódik a helyszínről, helyi építési szabályzatról, majd a terv elkészítése után feltölti a tervek 2D dokumentumait az építésügyi nyilvántartásba. Ezért szükséges a folyamatokat úgy modernizálni, hogy a két szakterület munkáját egymás adata, információja támogatni tudja. Ezeket a kapcsolatokat úgy célszerű kialakítani, hogy közben szabványos technológiákat



2. ábra LOD szintek

használunk fel.

Az épülettervezéstől – BIM modell IFC szabvány – el kell jutni a városmodell térinformatikai kezeléséig. Ehhez pedig a részletes 3D épületmodellt generalizálva kell tudni kezelni város léptékben.

A város-léptékű megjelenítés 5 szintjét (Level Of Detail: LOD) különböztetjük meg. Alaprajz (LOD0), alaprajz fix magassággal kihúzva (LOD1), tetősíkok (LOD2), túlnyúlások és nyílászárók (LOD3), valamint a teljes belső kialakítás (LOD4). Város-léptékű megjelenítéskor, web-es technológiát használva a sebesség a szűk keresztmetszet, ezért érdemes a kliensnek leküldött adatokat minimalizálni. LOD2 szinten már kirajzolódik a ház formája, de még nem túl nagy az adatmennyiség, ezért város-léptékben ez a megjelenítés a leginkább elfogadott (2. ábra).

Az építéseknek a tervezés elkezdésekor szükségük lenne információkra, amelyek településszinten már rendelkezésre állnak. A földrészlet térbeli elhelyezkedésére, a környék beépítettségére, helyi építészeti szabályozásokra stb. A tervezés végeredményeként előálló 3D modellek már automatikusan összevethetőek lennének a HÉSZ-szel, valamint a LOD2-re generalizált épületmodellek 3D megjelenítése a várostervezést is támogatná. Érdemes lenne beküldési formátumokat és sémákat tartalmazó műszaki irányelveket létrehozni, esetleg a leggyakrabban használt tervező szoftverekhez (pl. ArchiCAD, AutoCAD, Revit) kiegészítőket fejleszteni. Ez egyrészt az építész tervezők munkáját segítené, valamint a beküldött állományok automatikus ellenőrzését is megkönnyítené

Ez az egyik módja, hogy LOD2 adataink legyenek, de ez csak az új és engedélyköteles épületek esetén valósulhatna meg. A másik lehetőség a tömeges adatgyűjtés, ami egyre inkább lézer-szkenneléses technológiával történik, s eredményeként egy pontfelhő jön létre. Pontfelhő-feldolgozás során a pontokat objektumokhoz (pl. épület, talaj stb.) kell kötni. Ehhez osztályozási eljárások szükségesek vagy spektrális (szín), vagy geometriai (szegmentálás) alapon. A LOD2 épületmodellek előállítása már tisztán geometriai alapon történik. Az illesztéshez több algoritmust is használhatunk, ezek közül nemzetközi tapasztalatok szerint az egyik legjobb a Random Sample Consensus (FISCHER M.–BOLLES R. 1981). Az eljárás valószínűségi alapon működik, figyelem bevéve, hogy egy-egy egyszerűbb

idom a pontfelhőre milyen valószínűséggel illeszthető.

### 3D megjelenítés

Az informatika fejlődését mindig motiválta, hogy a megjelenítés minél jobban hasonlítson a valóságra. A szórakoztatóiparban megjelenő fejlesztések (pl. játékipar) megoldásai idővel mindig begyűrűznek a többi felhasználási területre is.

Az egyértelmű trend, hogy egyre több esetben állnak elő 3D adatok, egyre többen foglalkoznak 3D adatok gyűjtésével, amiből következik, hogy ezeket webes technológiával is meg kell tudni jeleníteni. Ez teljesen nyomon követhető a térinformatikai szektorban is. A nagyobb cégek sorra készítik el a 3D webes megjelenítő megoldásaikat. Ez még egy teljesen új (és még nem kiforrott) technológia, ami ebből fakadóan hordozza a szokásos gyermekbetegségeket. Ettől függetlenül az látszik, hogy hosszabb távon a 2D térképi megjelenítést a 3D válthatja fel.

A 2D webes megjelenítés egy kiforrott, sokéves tapasztalattal rendelkező technológia, míg a 3D megjelenítés a weben még új kihívást jelent. A különböző megoldások szakmai vizsgálata azt mutatta, hogy a 3D megjelenítésben legújabbnak számító technológia nem feltétlenül a legoptimálisabb a 2D megjelenítésben és fordítva.

A 3D megjelenítés két szintre bontható: város-lépték LOD2 adatokból felépítve, valamint épület-lépték a részletes BIM állományokból (3. ábra). Ez utóbbira már léteznek kész megoldások, olyanok is, amelyek IFC adatokból dolgoznak. A ház forgatható, teljesen bejárható, az objektumok lekérdezhetőek és tetszőleges síkokkal metszetek is készíthetőek.

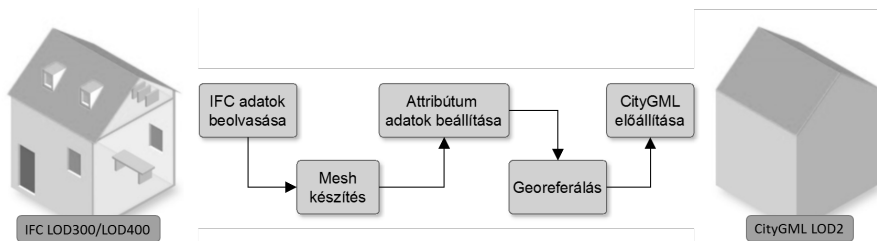
### Pilot projekt

Egy mintaterületen (Balatonszárszó) légi adatgyűjtés történt, aminek eredményeiből LOD2-es CityGML állományok készültek, s PostgreSQL adatbázisban kerültek tárolásra.

Rendelkezésre álltak még Archicad építész tervező szoftverrel készített épület



3. ábra A megjelenítés szintjei

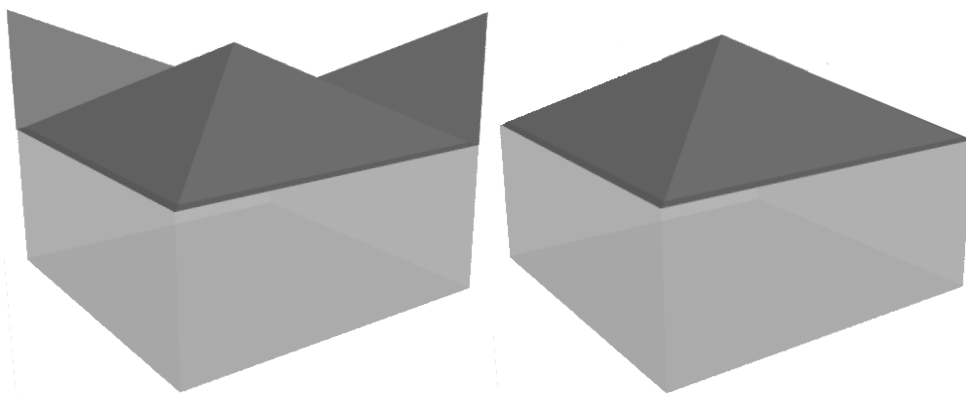


4. ábra IFC modell generalizálásának folyamata

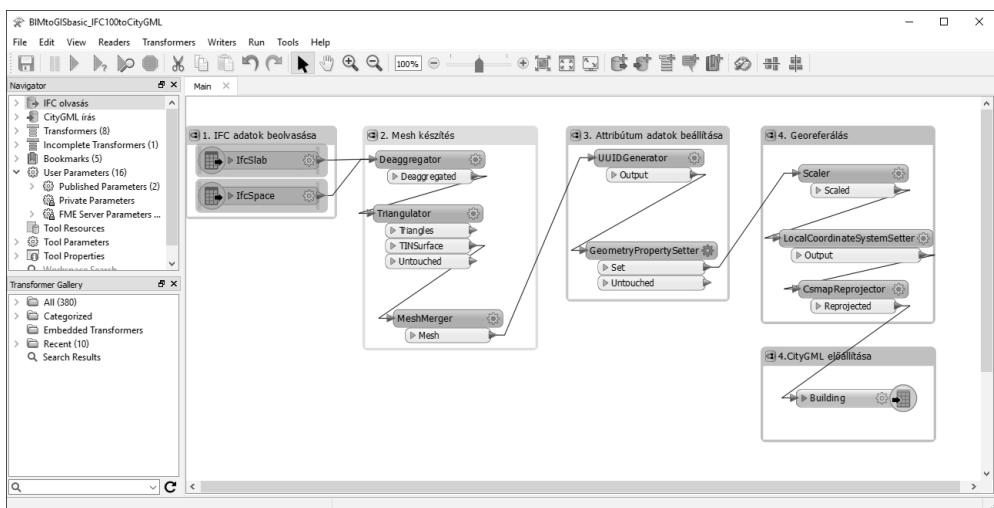
tervek IFC formátumban. A 3D épület modelleket FME 2016 szoftverben épített modell segítségével konvertáltuk át LOD2 épületmodellé (4. ábra), majd ezeket is betöltöttük az adatbázisba.

Az IFC állomány feldolgozásakor két problémával szembesültünk. Egyrészt LOD2 állomány előállításához valójában az IFC fájl tartalmából csak egy rész, az IFCSpace osztály használata is elegendő, ami tartalmazza a belső tereket. A probléma ott jelentkezett, hogy az FME szoftver jelenlegi verziója a ferde tető alatti tereket (IFCSpace osztály) rosszul kezeli, ami miatt a LOD2-es modellben nem oda illő elemek jelentek meg (5. ábra). A gyártótól kapott információ szerint a hiba javítása folyamatban van. Átmeneti megoldásként a belső terek helyett, a külső falak kerültek beazonosításra. Ez kicsit bonyolultabb, illetve mivel a falak két síkból állnak, ezért nagyobb adatmennyiséget is jelentetett.

Másrészt a tervezők relatív koordinátákat használnak, ami miatt a modelleket utólag georeferálni kellett. Az általánosan elterjedt IFC verzió (2x3) ugyan tartalmazhatja a tervező által használt origó koordinátáit (és az északi irányt), de csak kvázi attribútum adatként, amit így az FME szoftver nem ismer fel. Ezért a FME konverziós eljárásba be kellett illeszteni egy python script-et, hogy ezen információkat ki tudjuk nyerni az IFC struktúrából (6. ábra). A IFC struktúra beolvasásához a



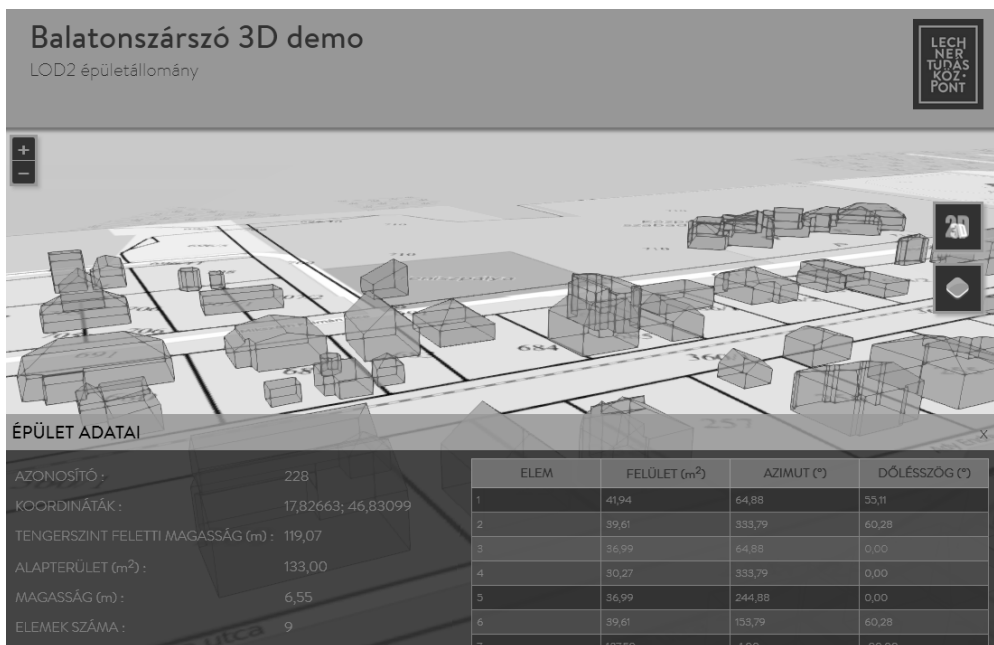
5. ábra A hibás és a jó LOD2 modell



6. ábra FME konverziós eljárás modellje

python programnyelvhez készített IfcOpenShell Library-t használtuk.

Végül a pilot projekt 3D megjelenítése Cesium és Open Layers 3 technológiák kombinálásával került elkészítésre (7. ábra).



7. ábra Balatonszárszó mintaterület LOD2 épületállománya

Mindezzel az szeretnénk volna bemutatni, hogy a legújabb technológiai irányok (BIM, IFC, 3D megjelenítés) hogyan képesek megteremteni a kapcsolatot az épület-, illetve a településtervezés szintjei között.

## **Felhasznált irodalom**

FISCHLER M.–BOLLES R. (1981): Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, California, Comm. of the ACM 24 pp: 381–395

FRITTS M. (2012): How Cloud Services and Mobility Will Impact the Future of BIM, Newsletters <https://enewsletters.constructionexec.com/techtrends/2012/11/how-cloud-services-and-mobility-will-impact-the-future-of-bim/>

STEWART G. (2014): The digital frontier, Presentation  
<http://www.slideshare.net/GrahamStewart1/ramboll-bim-101>

VINCZE L. (2010): Nagyméretarányú térképezés, 15. fejezet, A telekalakítások általános fogalmai, [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_NMT15/](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_NMT15/)



# A térinformatika alkalmazási lehetőségei az agrár-környezetvédelemben

Máté Klaudia

PhD hallgató, Szent István Egyetem Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék,  
mate.klaudia@phd.uni-szie.hu

**Abstract:** Nowadays the spread and necessity of geographical information systems (GIS) is undeniable. The environmental sciences integrated GIS well into planning and research processes. GIS plays a significant role in the Hungarian landscape planning since 1990. It is necessary to follow up, to control and to examine the future effects of the European Union's agricultural policy on rural areas. In this study, I examine the possibilities for land-use change in one specific rural area, considering the regulations for agricultural subsidies. The ideal and reasonable land use was determined by using a GIS database and logical queries. I analysed the landscape structure attributes for both the current and the suggested land-use with landscape ecological indicators. In this study, I looked at whether the agricultural subsidies are an effective tool for a careful landscape planning.

## Bevezetés

A környezettudományok igen hatékonyan alkalmazzák a térinformatika adta lehetőségeket különböző térbeli vizsgálatok elvégzéséhez. Az Európai Unió Közös Agrárpolitikájában és annak célprogramjaiban foglalt célok eléréséhez szükséges volt a mezőgazdasági területek adatait könnyen kezelhető adatbázisokba rendezni, melyeket nemcsak az ellenőrző hatóságok, de a gazdálkodók is könnyen és hatékonyan tudnak kezelni (SKUTAI J. 2004). Magyarországon ezt a feladatot a Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR) látja el. Az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program zonális természetvédelmi célprogramjai konkrétan lehatárolt, ún. Magas Természeti Értékű Területeken (MTÉT) támogatják a gazdákat a természetkímélő gazdálkodási módok kialakításában és fenntartásában, ahol a mezőgazdasági hasznosítás folytatása különösen fontos feltétele az élővilág, a tájkép, valamint az épített és történeti értékek hosszú távú megőrzésének ([termeszetvedelem.hu](http://termeszetvedelem.hu)).

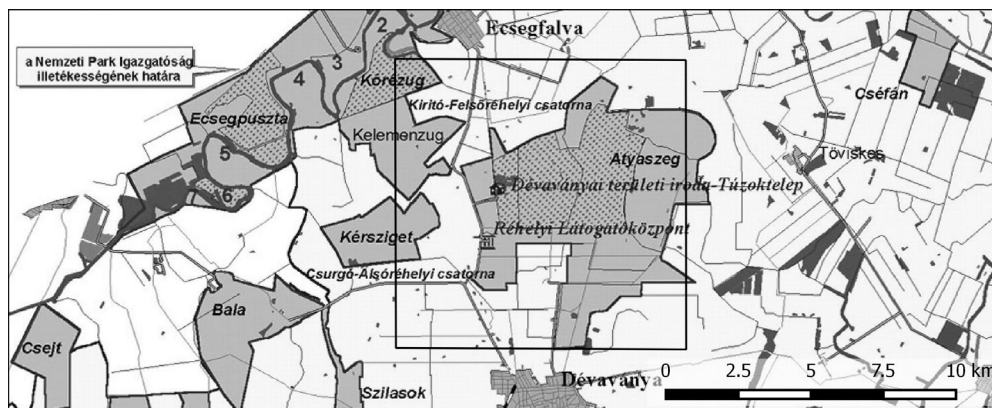
Ebben a tanulmányban a térinformatika napjaink egyik legaktuálisabb tájat befolyásoló intézkedésében, az agrár-környezetgazdálkodásban való alkalmazhatóságát vizsgálom egy mezőgazdaság-domináns mintaterületen. Hipotézisem szerint az MTÉT-ek előírásai lehetőséget biztosítanak a mozaikos tájszerkezet, a táji adottságokhoz alkalmazkodó tájhasználat valamint az ökológiai hálózat stabilitásának eléréséhez.

## Anyag és módszer

Munkám során figyelmet fordítottam arra, hogy amennyiben lehetséges, a felhasznált adatok szabadon hozzáférhetőek, az alkalmazott programok pedig nyílt forráskódúak legyenek. A térinformatikai munkák során gyakran ütközhetünk az adathiány akadályába, melynek áthidalása rendkívül költséges, forráshiány esetében pedig szinte lehetetlen, aminek következtében a megfelelő részletességű feldolgozás és a pontos eredmények veszélybe kerülhetnek. Az adatbeszerzés nehézségei mellett sok esetben okoznak problémát a rendelkezésre álló adatok összeegyeztethetőségének hibái is (MIKLÓS L. 2010). Az elemzések térinformatikai végrehajtásához a QGIS 2.0.1. szoftvert használtam ([qgis.org](http://qgis.org)).

A vizsgálat helyszíne a Dévaványai-Ecsegi szikes puszták a Körös–Maros Nemzeti Park Igazgatóság illetékességi területéhez tartozó védett terület az egykori Nagy-Sárrét délnyugati határán (1. ábra). A felhasznált elemző program (Fragstats 4.0) bemeneti követelményeinek megfelelően a lehatárolt terület négyzet alakú. Jelen esetben  $10 \times 10$  km kiterjedésű területet választottam.

A tervezés alapegységei a Magas Természeti Értékű Területek szabályozása során is alkalmazott fizikai blokkok. A földterülethez kapcsolódó támogatási eljárások céljára kialakított, a mezőgazdasági művelés szempontjából hosszabb távon állandó, terepen azonosítható határokkal (pl.: utak, vasutak, csatornák, töltés, erdőszel, fasor) rendelkező, összefüggő földterület. Egy fizikai blokkban több mezőgazdasági parcella lehet, és több ügyfél is gazdálkodhat. Az egyes blokkok felszínborítását az elemzés készítésének idejében a Földmérési és Távérzékelési Intézet honlapjáról ingyenesen letölthető CLC2006 felszínborítási adatbázis alapján határoztam meg. Az azonos felszínborítású területek összevonásával pontos kép alkotható a terület tájökológiai mintázatáról, az egyes élőhely-típusok fragmentáltságáról és az ökológiai hálózat állapotáról. Az ökológiai hálózat az egymást izoláló természetes, természetközeli és mesterséges élőhelyek koherens rendszere (KONKOLY–GYÚRÓ É.



1. ábra A vizsgálati terület a Körös–Maros Nemzeti Park Igazgatóság illetékességi területén belül (forrás: kmnp.hu)



2. ábra A skálaprobléma érzékeltetése a vizsgált mintaterületen (forrás: saját szerkesztés)

2003), ennek vizsgálata ma már kvantitatív módszerekkel is lehetséges. Az ideális célállapot, a mozaikos, táji adottságokhoz igazodó tájhasználat eléréséhez az MTÉT-ekre vonatkozó előírások megteremtik a lehetőséget. A javasolt tájhasználat-váltási módszerek közül kiemelendő a mozaikos szántóelrendezés kialakítása, ligetes gyepterület-fejlesztés és a sávós, mozaikos élőhely fejlesztés (ÁNGYÁN J. ET AL. 2003).

A tájmintázat elemzéséhez a Fragstats szoftvert használtam, mely egy területi mintázat elemzésére alkalmas program, aminek segítségével kimutatható a tájstruktúra mozaikossága (SZABÓ SZ. 2011). Hasonló elemzések során különös gonddal kell megválasztanunk, milyen felbontással, milyen skálán (2. ábra) vizsgáljuk az adott területet. A rosszul megválasztott skála téves eredményeket adhat, melynek a tervezés során is negatív hatása lehet (TURNER ET AL. 2001).

Az analízis induló paraméterei:

- Fragstats (MCGARIGAL K.–MARKS B. J. 1995), 4.0-s verzió;
- Tetszőlegesen kiválasztott 10×10 km-es mintaterület raszteres bemeneti állománya;
- Szomszédsági szabály (4 cella, 8 cella) (Neighbor rule – 4-cell rule, 8-cell rule): 8 cella;
- Több szintű vizsgálat (folt, osztály, táj) (Multi-level structure – patch, class, landscape), a várhatóan releváns értékekkel szolgáló indikátorok kiválasztása (1. táblázat);
- Szegély szélessége méterben (edge depth): 12 m;
- Összeköttetési index keresési távolsága méterben: 200 m.

Ahhoz, hogy a hipotézis alátámasztást nyerjen egy jövőbeli – ideális, az MTÉT előírásai által meghatározott – állapot, tájhasználat-váltási koncepció generálása is szükséges volt, a két állapot összehasonlítása érdekében. A tájhasználat-váltási koncepció elkészítéséhez szükséges volt egy összetett térinformatikai adatbázis létrehozása, mely alapján a táji adottságokhoz igazodó területhasználat javasolható. Ebben az adatbázisban minden blokkhoz hozzárendeltem a MePAR blokkazonosítót a könnyebb azonosítás érdekében. Minden blokk esetében kiszámításra került a területnagyság hektárban, valamint rögzítettem a MePAR-ban szereplő egyéb adatokat is (2. táblázat). A MePAR adatokon kívül hozzárendeltem minden blokkhoz az aktuális felszínborítást a clc06 fedvény alapján. Hasonló módszert alkalmaztam

1. táblázat Az elemzésben felhasznált indikátorok

Folt szint	Osztály szint	Táj szint
Patch Area (AREA)	Total area (CA/TA)	Total area (CA/TA)
Shape Index (SHAPE)	Percentage of Landscape (PLAND)	Largest Patch Index (LPI)
Contiguity Index (CONTIG)	Total Core Area (TCA)	Landscape Shape Index (LSI)
Core Area (CORE)	Core Area Percent of Landscape (CPLAND)	Patch Cohesion Index (COHESION)
Number of Core Areas (NCORE)	Proximity Index (PROX_MN)	Connectance Index (CONNECT)
Euclidean Nearest-Neighbor Distance (ENN)	Connectance Index (CONNECT)	Proximity Index (PROX_MN)
Proximity Index (PROX)	Number of Patches (NP)	Patch Richness (PR)
	Patch Density (PD)	

a Natura 2000, Nemzeti Ökológiai Hálózat és a Nemzeti Park törzsterület esetében. A terület talajadottságait az ingyenesen hozzáférhető agrotopotérképek alapján térképeztem fel és rendeltem hozzá minden blokkhoz ([maps.rissac.hu/agrotopo/](http://maps.rissac.hu/agrotopo/)). Minden blokkhoz hozzárendeltem az átlagos tengerszint feletti magasságot is. A rendelkezésre álló, ingyenesen letölthető digitális domborzatmodellek felhasználása nem volt lehetséges, mivel ezeknél a minimális szintkülönbség 25 m, a vizsgálati területen pedig a legnagyobb szintkülönbség 14 m. Ezen domborzatmodellek vizsgálata során a szintvonalak generálása nem volt sikeres, így a megfelelő domborzatmodell létrehozására egyetlen megoldást a szintvonalak kézi digitalizálása jelentett. Az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképen 0,5 m-es szintkülönbséggel szerepelnek a szintvonalak, ezeket vonalláncként bedigitalizálva és mindegyikhez külön magasságot hozzárendelve készült el a terület domborzatmodellje. Ezt követően térbeli index létrehozásával rendeltem hozzá az átlagmagasságokat az MTÉT blokkokhoz.

Az adottságok figyelembe vételével, logikai lekérdezésekkel meghatározható az egyes blokkok területére az ideális területhasználat. A logikai lekérdezés általános IGEN/NEM, illetve HA és VAGY lekérdezésekkel történt, a szelekciót követően a leválogatás eredményei határozták meg az új területhasználatot.

## Eredmények

A Fragstats elemzés lefuttatását követően a tájhasználat változást konkrét számadatokkal támaszthatjuk alá (3. és 4. táblázat). A táblázatban feltüntettem a jelenlegi és a javasolt területhasználatokat. Mivel a vizsgálat során a tájhasználat alkalmasságát vizsgáltam, ezért új területhasználati kategória nem került bevezetésre. Az osztály szintű vizsgálatok (3. táblázat) esetében az első oszlopban (TYPE) a Corine Land Cover szerinti területhasználat kategóriák (osztályok) vannak

2. táblázat A felépített adatbázis attribútumai

MePAR blokkazonosító (MePAR_MTÉT)	A fizikai blokkok egyedi és egyértelmű megjelölésére szolgáló betűvel vegyes számsorozat. Az adatok a mepar.hu oldalról származnak.
Területnagyság (TERÜLET)	Minden egyes blokk hektárban mért nagysága kiszámításra került.
Támogatható terület nagysága (TÁM_TER)	A mepar.hu honlap részletes blokkadatlapján szereplő adatok kerültek átvezetésre.
Corine felszínborítás (CLC06)	Az ingyenesen hozzáférhető Corine Land Cover 06 fedvény alapján az egyes blokkokhoz hozzá lettek rendelve a területüket legnagyobb arányban fedő területhasználatok.
MTÉT, MTÉT zóna (MTÉT, MTÉT_zóna)	Az adatbázisban minden fizikai blokkhoz hozzá lett rendelve, hogy beletartozik-e valamelyik MTÉT zónába (IGEN/NEM). Ha nem, akkor a további részletezés értelmetlen, így (0) értéket kapott, ha igen, akkor feltüntetésre került, melyik zónába esik (A), (B), (C) vagy (D).
Natura 2000, SCI/SPA (Natura 2000, NatSCI/SPA)	Az MTÉT zónákhoz hasonlóan itt is felvezetésre került, hogy a terület Natura 2000 védelem alatt áll-e (IGEN/NEM). Ha nem, akkor a további részletezés indokolatlansága miatt (-) értéket kapott, ha igen, akkor felvezetésre került, hogy jóváhagyott Natura 2000 terület (SCI), Különleges Madárvédelmi Terület (SPA), esetleg mindkettő (SCI/SPA).
NÖH, NÖH elem (NÖH, NÖH_elem)	Az előzőek alapján itt is felvételre került, hogy az adott blokk része-e a Nemzeti Ökológiai Hálózatnak (IGEN/NEM). Amennyiben nem, az előzőekhez hasonlóan (-) érték lett hozzárendelve, ha igen, akkor viszont feltüntetésre került, hogy (magterület), (puffer), (félpuffer), (folyosó) vagy (félfolyosó) szerepet tölt be.
Nemzeti Park, Nemzeti Park törzsterület (NP_törzs, NP_részt)	Felvezetésre került, hogy az adott blokk nemzeti parki törzsterületbe esik-e (IGEN/NEM). Ha nem, akkor (-) értéket kapott, ha igen, akkor megnevezésre került, melyik törzsterület területén helyezkedik el (Bala és Szilasok), (Cséfan), (Hortobágy-Berettyó és ártere), (Kérsziget), (Kis-Bucsa), (Réhely–Atyaszeg) vagy (Udvarnok).
Genetikus talajtípus (TGen)	Az MTA Talajtani Kutatóintézet agrotopo térképei alapján, a területen három talajtípus különíthető el (réti talaj), (szolonyeces réti talaj) és (sztyeppesedő réti szolonyec), ez a három kategória került felvezetésre minden egyes blokkhoz.
Talaj szervesanyag készlete (TSzerva)	Az MTA Talajtani Kutatóintézet agrotopo térképei alapján, a területen három kategória különíthető el az alapján, hogy mennyi a szervesanyag tartalom egy tonna talajban hektáronként, a három kategória (50–100), (100–200) és (200–300).
Talajértékszám (TÉrték)	A talajértékszám a különböző talajok természetes termékenységét fejezi ki a legtermékenyebb talaj termékenységének %-ában. A meghatározás alapján a lehatárolt területen négy kategória különül el (1–10), (11–20), (31–40) és (41–50).
Vízgazdálkodási tulajdonságok (TVízgazd)	A terület talaj vízgazdálkodás alapján két típusba sorolható (gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű) és (igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge).

3. táblázat A tájmetriai elemzés eredményei osztály szinten

TYPE	Total area (CA) (ha)	Percentage of Landscape (PLAND) (%)	Number of Patches (NP) (db)	Patch Density (PD) (db/100 ha)	Total Core Area (TCA) (ha)	Core Area Percent of Landscape (CPLAND) (%)	Proximity Index (PROX_MIN) (ha)	Connectance Index (CONNECT)
<b>Jelenlegi területhasználat</b>								
cls_321	2 554,04	25,54%	9,00	0,09	2 554,04	25,54%	0,00	0,00
cls_211	6 658,56	66,59%	4,00	0,04	6 658,56	66,59%	0,00	0,00
cls_231	724,76	7,25%	10,00	0,10	724,76	7,25%	5,08	2,22
cls_311	62,00	0,62%	1,00	0,01	62,00	0,62%	0,00	0,00
	9 999,36	100%	24,00		9 999,36	100%		
<b>Javasolt területhasználat</b>								
cls_321	4 686,04	46,86%	9,00	0,09	4 686,04	46,86%	57,13	2,78
cls_211	3 633,48	36,33%	9,00	0,09	3 633,48	36,33%	0,00	0,00
cls_231	1 617,84	16,18%	9,00	0,09	1 617,84	16,18%	17,88	2,78
cls_311	62,00	0,62%	1,00	0,01	62,00	0,62%	0,00	0,00
	9 999,36	100%	28,00		9 999,36	100%		

4. táblázat A tájmetriai elemzés eredményei táji szinten

Total area (TA) (ha)	Largest Patch Index (LPI) (%)	Landscape Shape Index (LSI)	Proximity Index (PROX_MIN) (ha)	Connectance Index (CONNECT) (%)	Patch Cohesion Index (COHESION) (%)	Patch Richness (PR) (db)
<b>Jelenlegi területhasználat</b>						
9 999,36	61,14%	4,06	2,12	1,15	99,74	4,00
<b>Javasolt területhasználat</b>						
9 999,36	26,67%	4,76	24,11	1,85	99,55	4,00

feltüntetve. A második oszlopban (Total area (CA) (ha)) az egyes osztályok teljes területe látható hektárban, majd ezt követi a százalékos részesedés a vizsgált tájrészlet teljes területéből (Percentage of Landscape (PLAND) (%)). A Fragstats elemzés közben, bár az egyes blokkok külön foltokként lettek betáplálva, az egy osztályba tartozó foltokat egybeolvasztotta a program és egy egységként kezelte. Ennek kiküszöbölése abban az esetben lehetséges, ha a telekhatárok mentén esetlegesen létező mezsgyét is külön feltüntetjük, a MePAR blokkok esetében azonban ez nem valósítható meg. A (Number of Patches (NP) (db)) oszlopban az egybefüggő foltok



száma olvasható, ezt követi a 100 hektárra vetített átlagérték (Patch Density (PD) (db/100 ha)). A magterületre vonatkozó adatok megegyeznek a területre vonatkozó adatokkal, ami arra enged következtetni, hogy a 12 m-es szegély nem szűkíti le olyan szinten az egyes foltok méretét, mely befolyásolná azt ökológiai funkcióinak ellátásában. A következő oszlopban (Proximity Index (PROX\_MN) (ha)) az adott keresési távolságon (200 m) belül elérhető, azonos osztályba tartozó foltok területösszege olvasható, a kapcsolódási index (Connectance Index (CONNECT) (%)) pedig a meglévő és lehetséges kapcsolatok hányadosát mutatja. A táblázatból a területmegoszlásra vonatkozó adatok alapján egyértelműen leolvasható az egyes osztályok közötti egységesebb megoszlás, a szántóterületek arányának csökkenése és a gyepterületek növekedése is. Ezzel párhuzamosan növekedett a Proximity és a Connectance Index a gyepek (321) és a legelők (231) esetében. Az erdőre (311) vonatkozó összekapcsolhatósági érték azért 0, mert a vizsgált tájrészletben mindössze egy erdőfolt található. A szántók (211) területarányának csökkenése mellett feltűnő, hogy a Proximity Index a jelenlegi és a javasolt területhasználat esetében is 0 értéket kapott, ez a fentebb említett feldolgozás során történő osztályösszevonás eredménye, ugyanis az egymással érintkező szántó blokkokat egy egységként kezelte a program.

Az elemzés táji szinten (4. táblázat) a diverzitás növekedését mutatja. Míg a jelenlegi területhasználat alapján a legnagyobb összefüggő folt a vizsgált tájrészlet 61,14%-át, addig a javasolt területhasználat esetében csupán 26,67%-át foglalja el. Ez az összefüggő szántóterületek, a „tengeri tenger” megszűnését és a táj mozaikosságának növekedését jelenti.

## Következtetések

A bemutatott módszertan és annak alkalmazása bebizonyította, hogy az MTÉT zonális célprogramjai megfelelő alkalmazás mellett hatékony eszközei lehetnek a mozaikos tájszerkezet elérésére irányuló tervezési folyamatnak. Meg kell azonban jegyezni, hogy ahogyan a tanulmány elején is szó esett az adatminőség fontosságáról, ennek a munkának a során is tapasztalhatóak voltak azok a problémák, melyek az adatok hozzáférhetetlenségéből és összeegyeztethetlenségéből fakadnak.

Az adatbázis bármikor tovább bővíthető és az újabb attribútumok alapján pontosabb eredmények kaphatók. Új feltételek és lekérdezések bevonásával fajspecifikussá, így a természetvédelemben napi szinten alkalmazhatóvá tehető a javaslat (pl.: parlagi sas fészek védelmi övezetének figyelembe vétele, varjútelepek környezete a fokozottan védett kék vércse élőhelyek miatt és ennek következtében a közelben található gyepek védelme érdekében, stb). A 2015-ben bevezetésre került zöldítés tájszerkezetre gyakorolt hatásai hasonló módszertan alapján pontosan kimutathatóak, hosszútávú hatásai előre meghatározhatóak.



## Felhasznált irodalom

- ÁNGYÁN, J.–TARDY, J.–VAJNÁNÉ MADARASSY, A. (szerk) (2003): Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- KONKOLY-GYÚRÓ, É. (2003): Környezettervezés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- MCGARIGAL, K.–MARKS B. J. (2005): FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351.
- MIKLÓS, L. (2010): A térinformatikai rendszerek (GIS) problémái az alap kutatásban és az alkalmazott projektekben. Tájökológiai Lapok 8. (3), pp. 563–577.
- SKUTAI, J. (2004): Érzékeny Természeti Területek információs és ellenőrzési rendszerének kialakítása. Tájökológiai Lapok 2. (1), pp. 35–48.
- SZABÓ, SZ. (2011): Szomszédsági mérőszámok a tájmetriában – az indexek módszertani vizsgálata. Tájökológiai Lapok 9. (2), pp. 285–300.
- SZABÓ, SZ.–CSORBA, P. (2009): Tájmetriai mutatók kiválasztásának lehetséges módszertana egy esettanulmány példáján. Tájökológiai Lapok 7. (1), pp. 141–153.
- TURNER, M. G.–GARDNER, R. H.–O’NEILL, R. V. (2001): Landscape Ecology in Theory and Practice – Pattern and Process, Springer-Verlag, New York
- <http://www.qgis.org/hu/site/>
- <http://www.termeszetvedelem.hu/magas-termeszeti-erteku-teruletek>
- <http://maps.rissac.hu/agrotopo/>

# Egy nem zárt rendszerű szennyvízakna talajvízszintre gyakorolt hatásának vizsgálata

Mester Tamás<sup>1</sup> – Szabó György<sup>2</sup> – Balla Dániel<sup>3</sup> – Karancsi Gergő<sup>4</sup> –  
Szabó Gergely<sup>5</sup> – Tóth Csaba<sup>6</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
mester.tamas@science.unideb.hu

<sup>2</sup> egyetemi docens, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
gyszabo555@gmail.com

<sup>3</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
balla.daniel@science.unideb.hu

<sup>4</sup> geográfus, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, karancsigeri@gmail.com

<sup>5</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szsabo.gergely@science.unideb.hu

<sup>6</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
toth.csaba@science.unideb.hu

**Abstract:** In our study we have attempted to demonstrate the impact of liquid waste storages on the groundwater levels via a case study using GIS software. The sewage is the most important source of contamination in settlements without drainage. We drilled test holes in the vicinity of a wastewater storage tank at the depth of 3 meter, and recorded the baseline groundwater levels. The results showed that the outflow wastewater has a significant impact on the direction of the flow of groundwater and on the elevation of the groundwater level. The distance between the holes located in the closest and the farthest places to the wastewater storage tank is only 25 m, however, the difference between the groundwater levels was significant: the largest difference was 117 cm. After the establishment of the drainage system the outflow of wastewater was eliminated, which has led to the change of the direction of groundwater flow, and the difference between the groundwater levels measured in the boreholes has decreased to a few centimeters.

## Bevezetés

A rurális térségekben az egyik legjelentősebb talaj- és rétegvízkészleteket veszélyeztető szennyező forrás a háztartásokban keletkező szennyvíz, melynek gyűjtése, tisztítása a mai napig sok helyen megoldatlan (MARTON L. 2009, SZABÓ GY. ET AL. 2006). A másodlagos közműháló országosan 1990-ben 43% volt és 2014-ben is csupán 17,7%-ra csökkent (KSH 2014). A szennyvizek feldolgozásának hiánya és a drága elszállítási költségek miatt a lakosság tudatosan úgy építette meg a szennyvíztárolókat, hogy azok áteresztőek legyenek, a szennyvíz a talajba szivároghasson. Mindezek hatására a talajvíz minősége tovább romlott.

A természetes vízbázisok védelme érdekében Magyarország az Európai Unió támogatásával igyekszik a települések szennyvízkezelési problémáit megoldani. Az Új Magyarország Fejlesztési Terv Környezet és Energia Operatív Program támogatásával három település, Kaba, Báránd és Tetétlen közös szennyvíztisztító üzemet és csatornahálózatot létesített. Bár kutatásaink fő célja a csatornahálózat

kiepítését követő vízminőség változások vizsgálata, jelen tanulmányunkban azonban a talajvízszintben és a talajvíz áramlási irányában bekövetkező változásokat kívánjuk bemutatni, mely tényezők hatással vannak a vízminőség alakulására.

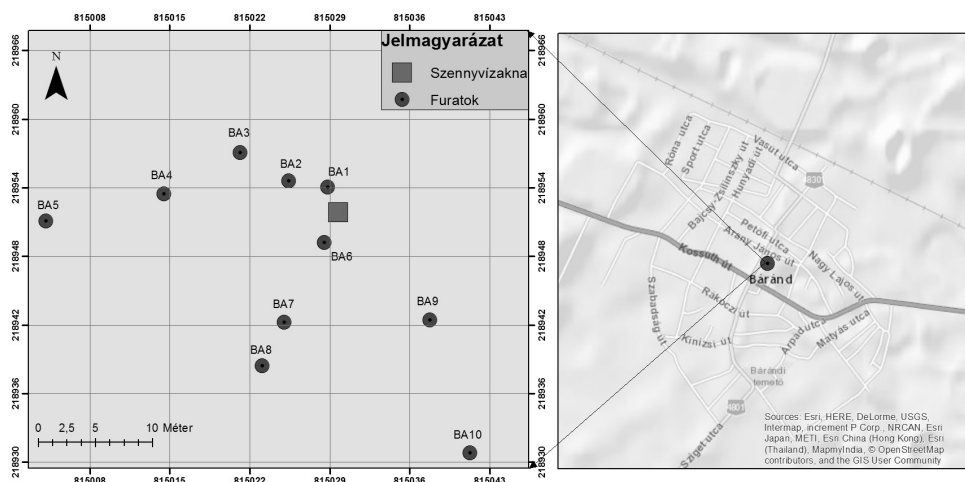
## Anyag és módszer

### *Mintaterület bemutatása*

Báránd Hajdú-Bihar megye DNy-i részén helyezkedik el. Lakosságszáma 2631 fő (KSH 2015). A település a Nagy-Sárrét tájegység részét képezi, a Sebes-Körös hordalékkúpjának Ny-i lábánál. 85–89 tengerszintfeletti magasságával és 0–1, 1–3 m/km<sup>2</sup> relatív magasságkülönbségével tökéletes síkság kategóriába tartozik. A környező területekhez viszonyított alacsony tengerszintfeletti magasság következtében a talajvízszint a felszínhez közel, 1–2 méter mélyen húzódik, így valamennyi talajtípusa vízhatás alatt képződött. Leggyakoribb talajtípusok a réti csernozjom és a réti szolonyec.

Ahhoz hogy a településen található szennyvízagnak környezetre gyakorolt hatását elemezni tudjuk, egy, a település belterületén elhelyezkedő aknát választottunk ki (1. ábra), melynek talajvízre gyakorolt hatását részletesen, több éven keresztül vizsgáltunk, és a továbbiakban is vizsgálni fogunk. Ugyan az egyes háztartások szennyvíztermelése eltérő lehet, mégis a mintaterületen lezajló folyamatok az egész településre jellemzőek.

A vizsgált szennyvízagnak 2015-ig, éves szinten 75–80 m<sup>3</sup> szennyvíz szivárgott el, mely naponta több mint 200 liter szennyvíz kiáramlását jelentette (MESTER T.–SZABÓ GY. 2013). A szennyvízcsatorna hálózat kivitelezési munkálatai 2013-ban kezdődtek, 2016-ra a háztartások több mint 90%-a rákötött a hálózatra.



1. ábra A mintaterület és a furatok elhelyezkedése Báránd belterületén

Ennek köszönhetően a mintaterületen lévő szennyvízagnából is megszűnt a szivárgás, amely lokálisan jelentős változásokhoz vezetett.

### ***Mintavételi pontok kijelölése és talajvízszint mérések***

Ahhoz hogy a szennyvízakra talajvízre gyakorolt hatását minél pontosabban megismerjük, az ürítőtől Ny-ÉNy-i irányban 1, 5, 10, 15 és 25 méter távolságban, DNy-ra 1, 10, 15 méter távolságban, DK-i irányban pedig 10 és 25 méter távolságban 3 méter mély furatokat létesítettünk (*I. ábra*), melyeket 50 mm átmérőjű, az alsó 50 cm-en perforált PVC csövekkel béleltünk ki. A furatok talpmélysége minden esetben legalább egy méterrel mélyebben volt a megütött talajvízszintnél.

Ugyan a mintavételi pontok kijelölésekor törekedtünk a furatok minden irányban egyenletes és koncentrikus elhelyezésére, azonban több tényezőt is figyelembe kellett venni. Mivel a mintaterületen található szennyvízakra egy beépített területen helyezkedik el, ezért olyan helyeken kellett létesíteni a furatokat, ahol nem zavarják az ott élők mindennapjait. Továbbá a telek beépítettsége miatt ÉK-i irányban nem tudtunk furatokat létesíteni.

A talajvízszint értékeit 2012. szeptemberétől rendszeresen rögzítettük. Miután a háztartás 2015-ben rácsatlakozott a csatornahálózatra a talajvízszint a 3 méteres szint alá csökkent, így további mérésekre nem volt lehetőség. A 2016. februárjában lehullott nagy mennyiségű csapadék hatására jelentős vízszintemelkedés történt, ami újra lehetővé tette a méréseket. Jelen dolgozatunkban ehhez a méréshez viszonyítjuk a szennyvízakra működési idejéből származó adatsort.

### ***Felhasznált szoftverek és alkalmazásuk***

A talajvízszint adatok feldolgozását Surfer 10-es és RockWorks 15-ös verziójú modellező szoftverekkel végeztük el. A Surfer egy 2.5 D felületszerkesztő szoftver, mely számos egyéb alkalmazása révén igen hasznos segítség lehet egy terület modellezésében. A szoftver több lépésben képes térfelületek megszerkesztésére valamint izovonalas térképek készítésére. A program, az adatállományok alapján, először egy rácsháló állományt, más néven gridet hoz létre. A kapott *grid* felhasználásának többféle módja adott. Készíthető belőle izovonalas térkép, vagy megjeleníthetjük térfelületként, valamint a térképekből és pontokból többféle matematikai művelet is elvégezhető (pl. térfogatszámítás) (KOVÁCS B.–SZANYI J. 2005).

A RockWorks egy földtani-mérnöki feladatok megoldására alkalmas többdimenziós térinformatikai szoftver. A szoftver egyik nagy előnye, hogy 3D pixelt, vagy ahogyan azt a szoftverben nevezik voxel használ. Ennek köszönhetően valódi 3D modellalkotásra képes, szemben a grid-alapú kontúrozó programokkal, mint a *Surfer* 2.5D-je. Az alkalmazásban minden x, y koordinátpárhoz már nem csak egy z értéket rendel hozzá, hanem g értéket is, ami egyszerre több is lehet. Ilyen g értékek lehetnek sztratifíai, litológiai, különböző mennyiségi- és intervallum

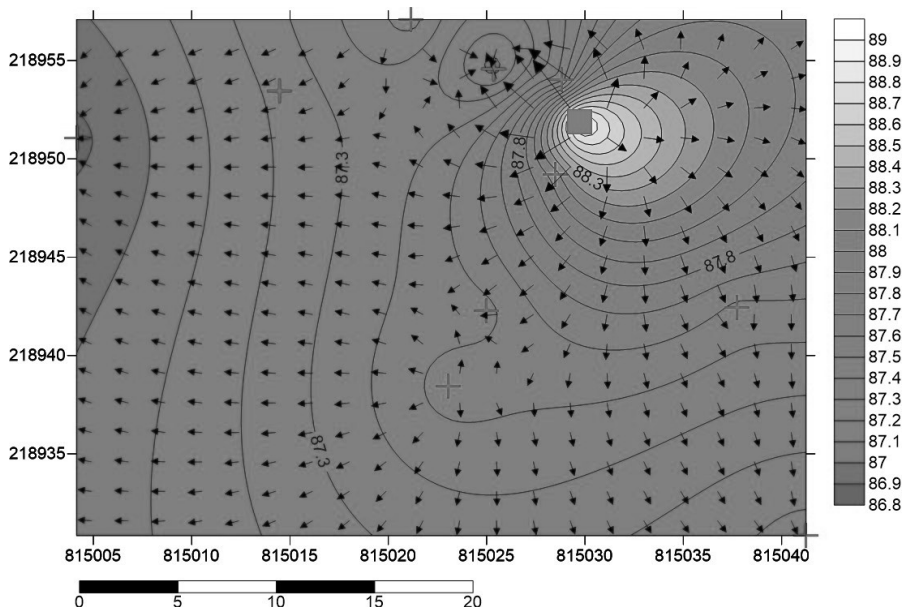
adatok, valamint törési-, hidrológiai és vízádóra vonatkozó adatok. A szoftver felszín alatti adatok kiértékelésére, rendszerezésére valamint ábrázolására kitűnően és igen sokrétűen alkalmazható.

A vizsgált szennyvízakra körül kialakított furatok esetében, a fent említett szoftverek felhasználásával két időpont (egy csatornázás előtti és egy csatornázás utáni állapotot tükröző) adatsorai alapján készítettük el a 2.5D és 3D-os hidrogeológiai modelleket.

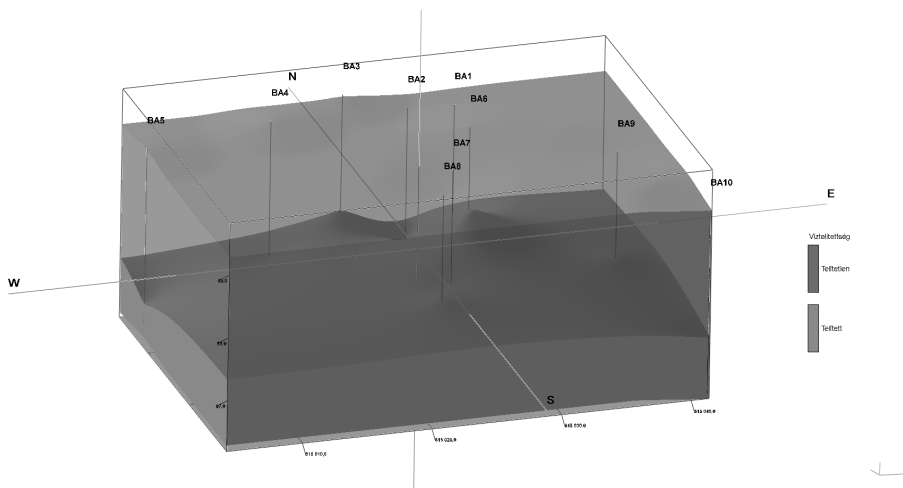
## Eredmények

A vizsgálati területen 2012-ben rögzített, egyidejű talajvízszint adatokból készített 2.5D-os hidrogeológiai modellt (2. ábra) vizsgálva megállapítható, hogy a szennyvízakra jelentősen módosítja a talajvízáramlás irányát és a talajvízszint tengerszint feletti magasságát.

A tárolóból a tér minden irányába kiáramló szennyvíz egy határozott vízdómot alakít ki, mely a terület vízáramlási viszonyait egyértelműen meghatározza. A szennyvízaktól 1 méter távolságban lévő BA1 és BA6 furatokban a legmagasabb a vízszint, ugyanakkor e két kútban is jelentős eltérés figyelhető meg. A BA1 furatban a talajvízszint 88,54 mBf-en, a BA6 furatban pedig 88,04 mBf-en áll. Néhány méteren belül tehát 50 cm a vízszintek közti különbség. A legmagasabb vízszintet a BA6 furatban mértük, ebből arra következtethetünk, hogy az aknából ebbe az irányba, tehát D-Ny-ra áramlik ki a legtöbb szennyvíz. Az aknától 5 méterre lévő BA2 és BA7 furatokban tovább folytatódik a vízszint csökkenése 87,05 mBf és 87,47 mBf értékre.



2. ábra A vizsgálati terület talajvízszint térképe a mintavételi pontokkal (2012)



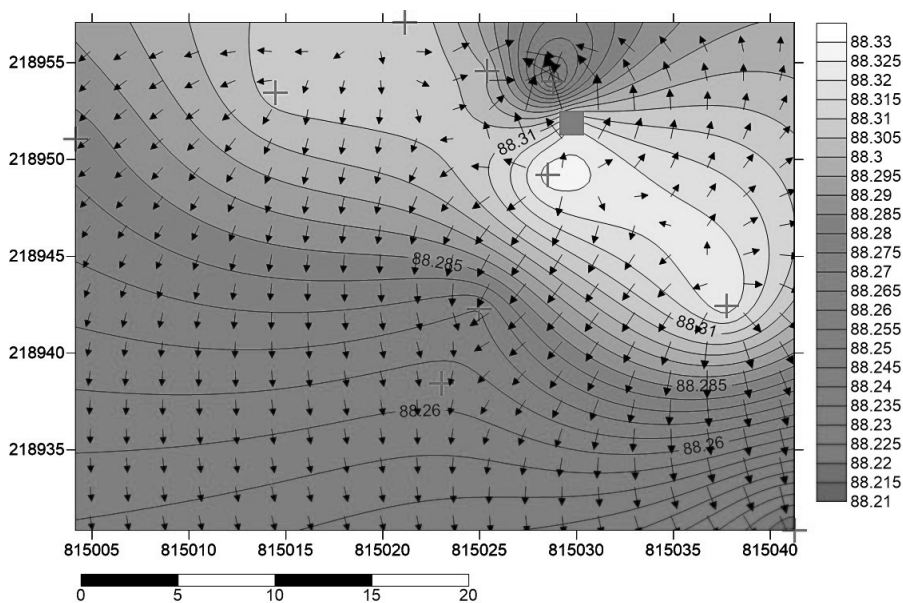
3. ábra A vizsgálati terület hidrogeológiai modellje és egyidejű folyadékszint adatokból készített vízpotenciál felszíne (2012) (5x magassági torzítással)

Az aknától Ny-i irányban legtávolabb fekvő BA5 furatban már csak 86,87 mBf-en húzódik a víztükör. A DK-i irányban található legtávolabbi kútban szintén mélyen, 87,15 mBf-en húzódik a vízszint.

Amennyiben a legmagasabb vízállású BA6 furatban mért 88,04 mBf értéket összevetjük a legalacsonyabb vízállású BA5 furatban mért 86,87 mBf értékkel, akkor a talajvízszintek közti különbség 1,17 méter. Ez egy síkvidéki területen csupán 25 méteres távolságon belül rendkívül nagy eltérés.

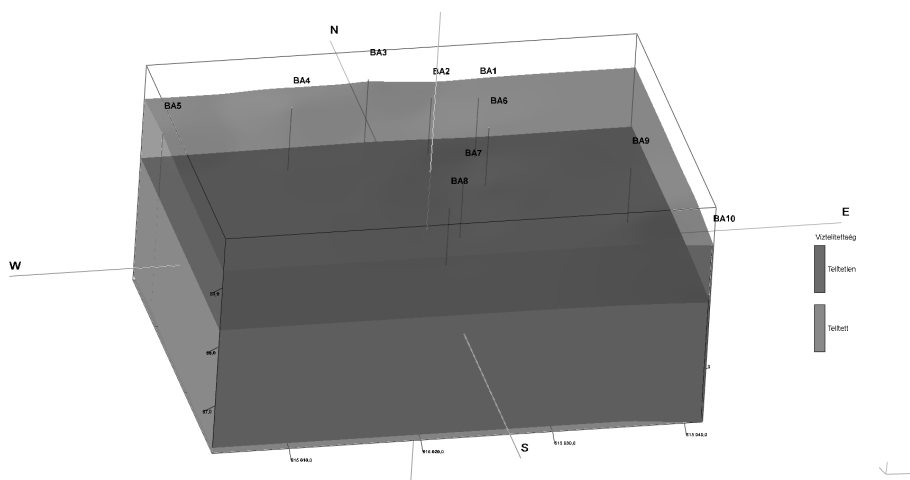
Az elkészített 3D-os hidrogeológiai modell (3. ábra) is kiválóan szemlélteti a vízszintek közti különbséget.

Jelentős változásokat tapasztalunk, ha megfigyeljük a 2016-ban rögzített talajvízszint adatokból készített 2.5D-os hidrogeológiai modellt (4. ábra). Az egyik változás a 2012-es állapothoz képest, hogy a szennyvízknéből megszűnt a kiáramlás, így a vízáramlás iránya nagymértékben megváltozott. Az eddig nyugati irányba mutató vektorok D-i irányba fordultak. A másik fontos változás a talajvízszintben mutatkozó különbségek markáns csökkenésében nyilvánul meg. Míg 2012-ben a BA6 és BA5 furatokban mért vízszintek között 117 cm eltérés volt, addig 2016-ban mért különbség mindössze 5 cm. A BA5 furatban 88,28 mBf-en a BA6 furatban pedig 88,33 mBf-en húzódott a talajvízszint. 2016-ban már nem a BA5 furatban volt a legalacsonyabban a talajvízszint, hanem a BA10 furatban 88,21 mBf értékkel, így a vizsgált területen a legnagyobb különbség 12 cm volt. Ez feltehetőleg azért változhatott meg, mert megszűnt a D-DNy-i irányba történő igen jelentős szennyvízkiáramlás, ami a vizsgált terület talajvízszintjét és a talajvíz áramlásának irányát is nagymértékben megváltoztatta. Ennek bizonyítása ugyanakkor további vizsgálatokat igényel, hiszen ebből az időszakból csupán ez az egy mérés áll rendelkezésünkre, tehát további mérésekre van szükség, valamint meg kell határoznunk a település teljes területére vonatkozóan a talajvízáramlás irányát.



4. ábra A vizsgálati terület talajvízszint térképe a mintavételi pontokkal (2016)

Megfigyelhető, hogy a legmagasabb vízszint továbbra is a BA6 furatban mérhető, ugyanakkor ez már nem a szennyvíz kiáramlásának, hanem a felszín néhány cm-es változásának a következménye. A legmagasabb térszín a BA4 furat területén 89,38 mBf a legalacsonyabb térszín pedig a BA10 furatnál mérhető 89,18 mBf értékkel. A talajvízszint vízdómtól mentes felszíne és a felszín néhány cm-es változásai jól láthatóak az adatokból készített 3D-os ábrán (5. ábra).



5. ábra A vizsgálati terület hidrogeológiai modellje és egyidejű folyadékszint adatokból készített vízpoteenciál felszíne (2016) (5x magassági torzítással)



## Következtetések

Vizsgálati eredményeink jól mutatják, hogy a szennyvízcsatorna hálózattal nem rendelkező településeken a szigetetlen szennyvízaknákból kiáramló szennyvíz az akna környezetében jelentősen megemeli a talajvízszintet, ami lokálisan a vízáralmás irányát is meghatározza. Ezek ismerete elengedhetetlen feltétele annak, hogy a szennyezés terjedésének irányát és sebességét minél pontosabban meg tudjuk határozni.

A szennyvízkiáramlás megszűnése után a szennyvízakna körül kialakult, több mint egy méteres vízdóm eltűnt, a furatokban mért vízszintek közti különbség néhány cm-re csökkent.

## Felhasznált irodalom

- ALBERT G. (2009): Háromdimenziós földtani modellek fejlesztésének és megjelenítésének módszerei térinformatikai szemlélettel. Doktori (PhD) értekezés. Magyar Állami Földtani Intézet 2009, pp. 74–75.
- KOVÁCS B.–SZANYI J. (2005): Hidrodinamikai és transzportmodellezés II Miskolci Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, Gáma-Geo Kft. Pp. 27-96.
- KSH (2014): [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_zrk006.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zrk006.html)
- KSH (2015): [https://www.ksh.hu/docs/hun/hnk/hnk\\_2015.pdf](https://www.ksh.hu/docs/hun/hnk/hnk_2015.pdf)
- MARTON L. (2009): Alkalmazott hidrogeológia, ELTE Eötvös Kiadó, 626 p.
- MESTER T.–SZABÓ GY. (2013): Talajvíz kutak szennyezettségének vizsgálata Bárádon. XXXI OTDK FiFöMa szekció kivonat kötete, 274 p.
- SZABÓ GY.–SZABÓ SZ.–SZABÓ A.–SZEMÉN B. (2006): A talajvíz kutak szennyezettségének vizsgálata Mikepércsen és Bodrogkeresztúron, III. Magyar Földrajzi Konferencia, ISBN963 9545 12 0, 13 p.



# Forgalom szimulációs platform nyílt térképi adatbázisokon

Monori Fanny<sup>1</sup> – Besenczi Renátó<sup>2</sup> – Bátfa Norbert<sup>3</sup>

<sup>1</sup> BSc hallgató, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, fannymonori@gmail.com

<sup>2</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Információ Technológia Tanszék, besenczi.renato@inf.unideb.hu

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Információ Technológia Tanszék, batfai.norbert@inf.unideb.hu

**Abstract:** Over the last few years many new map database have become available for public use. In this paper we investigate the possibilities of how such an open database can be applied for professional analysis, e.g. traffic simulation or route planning. The map is provided by the OpenStreetMap which is a community-based map database. The simulation platform is the Robocar World Championship Framework, open source initiative established to investigate the relation between self-driving cars and Smart City applications. Our aim is to give a brief description of how we integrate the OpenStreetMap database into the system, and how route planning can be optimized based on this spatial data set.

## Bevezetés

Az elmúlt években jelentős számú szabadon elérhető térképi adatbázis jelent meg. Ezen adatbázisok főként útvonaltervezésre, helyek felkutatására, helyekkel kapcsolatos információk beszerzésére alkalmasak. Példaként említhetjük a Google Maps szolgáltatást, mellyel okostelefonon valós időben tudunk navigálni, illetve egyéb eszközökön útvonalat tervezni. Emellett gazdag POI (Point of Interest) adatbázissal is rendelkezik. Hasonló szolgáltatás a Microsoft Bing Maps terméke. Általánosságban elmondható, hogy a fenti két szolgáltató adatbázisa több forrásból származik, valamint professzionális felvételezéssel készültek.

Más utat jár be az OpenStreetMap (I-1), mely egy közösség által bővített térképi adatbázis. Ellentétben a Google vagy a Microsoft térképkészletével – ahol csak a térképek személyes célú használata ingyenes – az OpenStreetMap szabadon használható akár kereskedelmi célú szoftverekben is, ezzel is hangsúlyozva az Open Data ars poeticát. De vajon mennyire pontos egy ilyen, a térképészetben amatőrnek számító közösség által karban tartott adatbázis? Hogyan használható egy ilyen adatbázis professzionális elemzésekre, szimuláción alapuló scenáriók kidolgozására?

A Robotautó Világbajnokság kezdeményezés (BÁTFAI, N. 2014; BÁTFAI, ET AL. 2015A) egy nyílt térképi adatbázison működő forgalom szimulációs platform, mely a jövőben várhatóan széles körben elterjedő önjáró autók és Okos Város alapú szolgáltatások között próbál kapcsolatot teremteni. A platform adatbázisa az OpenStreetMap térképein alapul, a szimulációs scenáriók, elemzések,

útvonaltervezések ezen szolgáltató térképein értelmezettek. A fejlesztés során fontos szempont volt, hogy olyan térképi adatbázissal dolgozzunk, mely teljesen nyíltan elérhető, illetve nem köti licencezési megkorlátok. Az OpenStreetMap jelenleg az Open Data Commons Open Database License (I-2) alatt van közzétéve, mely remek összhangban van a Robotautó Világbajnokság GNU General Public License 3-as verziójával (I-3). Megjegyezzük, hogy a Robotautó Világbajnokság jelenleg a Debreceni Egyetem Informatikai Karán reguláris képzésben is jelen van (BÁTFAI, N. 2013), ezért fontos a nyílt forrású licencek használata. Viszont a rendszert nem köti a térképi adatbázis, azt kereskedelmi célra is fel lehet használni.

Jelen cikkben célunk annak bemutatása, hogy miként használható egy ilyen teljesen nyílt, közösség által karban tartott és fejlesztett térképi adatbázis egy saját magunk által fejlesztett szoftveres környezetben, illetve hogy miként tudjuk kihozni a maximumot a jelenleg rendelkezésre álló, sok esetben (jelenleg még) hiányos térképi információkból.

## Anyag és módszer

Az OSM közösség által szerkesztett adatbázisa elérhető OSM XML formátumban, amelynek egy városra kiterjedő téglalappal határolt részét használja fel a szoftver a szimuláció során.

Az XML fájl a valós világ egy részét reprezentáló elemekből épül fel (OPENSTREETMAP, MAP FEATURES 2016). Ezek az elemek lehetnek csomópontok (*node*), utak (*way*), és relációk (*relation*). Mindegyik elem rendelkezhet azokat leíró címke-érték párosokkal (*tag*). Ezek a címke-érték párosok jelzik, hogy a valós világ mely objektumát írja le az adott elem. Az OSM XML fájlban minden elemhez tartozik egy azonosító (ID), illetve egy koordináta, amely a valós világban elfoglalt helyét jelzi (WGS 84 vetületen). Csomópont lehet egy különálló objektum, például egy épület, azonban kijelölheti egy út elhelyezkedését is. A relációk utak és csomópontok közötti kapcsolatot reprezentálnak (például tömegközlekedési útvonal), azonban ezek a relációk a szimuláció szempontjából nem fontosak, így nem foglalkozunk velük. Az alábbiakban a XML állomány egy-egy részletét láthatjuk, először a csomóponti elemek, majd az útvonal típusú elemek reprezentálására.

```
<node id="1348692627" lat="47.5304583" lon="21.6342523"
<node id="1348692629" lat="47.5310387" lon="21.6356462"
<node id="1348692630" lat="47.5310628" lon="21.6357824"

<way id="23069679" version="17" timestamp="2014-04-16T20:18:57Z"
  <nd ref="248948145"/>
  <nd ref="1348692627"/>
  <nd ref="1348692644"/>
  <nd ref="1510298092"/>
  <tag k="highway" v="residential"/>
  <tag k="name" v="Kossuth utca"/>
</way>
```





2. ábra Pillanatkép a szimulációból Budapest térképén

tapasztalt (GORDON, D. M. 1995) bolyongást szimulálva mozognak, az üldözés szempontjából nincs jelentőségük. A rendőrök számára a gengszterek helyzete ismert, és a fő feladat minél gyorsabban elkapni minél több gengsztert. A fentebb részletezett módon kinyert adatokon értelmezni lehet az irányított autók által használt útválasztó algoritmusokat, illetve a rutin autók és gengszter ágensek mozgását.

A rendszer alapkiadásában – mely elérhető a projekt hivatalos tárolójában (BÁTFAL, N. 2014) – minden rendőrautó a hozzá legközelebb eső gengsztert kezdi el üldözni. Ehhez szükséges egy útvonalat tervezni a két autó (azaz két csomópont) között. A rendőr és a gengszter autók közötti útválasztást a Boost Graph Library (I-6) programkönyvtárban implementált Dijkstra-algoritmus segítségével végzi. Az algoritmus bemenete a korábban felépített gráf, aminek minden éléhez hozzárendelünk egy súlyt. Jelen esetben a súly a már korábban kiszámolt csomópontok közötti távolság. Az algoritmus kimenete a legkisebb költséggel rendelkező út lesz.

## Eredmények

Az OpenStreetMap térképi adatbázisa alkalmasnak tűnik professzionális felhasználásra, a Robotautó Világverseny keretrendszerben sikeresen implementáltunk egy forgalom szimulációra és útvonaltervezésre alkalmas rendszert. A Boost Graph Library jól használható az OpenStreetMap adatszerkezetének gráffá alakítására.

Az útvonaltervezés kapcsán kiemelhetjük, hogy a Police Edition változat egy megvalósításában kötegetten egy útvonal megtervezése átlagosan 0,2 ms-ot vesz igénybe egy átlagos asztali számítógépen (BESENCZI, ET AL. 2015). Megjegyezzük,



hogy ezt az értéket a fent részletezett Debrecen térképen mértük, nagyobb térképen ez több időt vehet igénybe.

A rendszerben alapértelmezett szimulációs algoritmus jelenleg nem alkalmas forgalomelemzésre. A gráffal reprezentált térképen a járművek eloszlását egy stacionárius folyamatként jellemezzük (intuitíven, a legforgalmasabb utca mindig a legforgalmasabb utca, függetlenül attól, hogy mikor vizsgáljuk). A jelenleg implementált szimulációs algoritmus futása során a járművek eloszlása megváltozik.

## **Jövőbeli terveink**

Jövőbeli terveinket illetően két fontos feladat áll előttünk. Egyrészt a szimuláción szeretnénk javítani, másrészt az ágensek tanulási képességgel szeretnénk felruházni. A szimuláció realisztikusabbá tételéhez első lépésként a szimuláció alapjául szolgáló adatbázist kívánjuk pontosítani. Jelenleg az OpenStreetMap sok esetben hiányos, illetve egy-két helyen hibákat is tartalmaz. Egy törekvésünk, hogy a Debreceni Egyetem Informatikai Kar reguláris HTML/XML kurzusának keretei között dr. Jeszenszky Péter adjunktus úr vezetésével, hallgatók bevonásával bővítsük az adatbázist (MAGYAR OSM KÖZÖSSÉG). Emellett szándékunkban áll több forrást is használni, megvizsgálni, hogy miként használható egy ilyen adatbázis fúzió. Példaként említhetjük, hogy Debrecen térképi állományán a csomópontokban igen szegényesen reprezentáltak a jelzőlámpák. Ezek pótlására használhatjuk a Google StreetView adatbázist, konkrétan az ott megjelenő képi információkból automatizált adatbányászati és képfeldolgozási eszközök segítségével kinyerjük a jelzőlámpákat, majd ezekből felépítünk egy saját hibrid adatbázist. Másik példa, hogy az OpenStreetMap sok esetben a többsávú utakat egy sávként ábrázolja, ezeket a Google Earth légifotó állományából lehet pontosítani. A Google az adatai használatát szigorúan szabályozza, de kutatási/oktatási célokra külön engedéllyel használhatóak.

A szimuláció realisztikusabbá tételére fontos mérföldkő, hogy matematikailag is megalapozott algoritmust építsünk a rendszerbe. Egy korábbi tanulmányban megmutattuk (BÁTFAI, ET AL. 2015B), hogy a jelenleg a rendszerben alkalmazott algoritmus nem működik megfelelően.

Az ágensek tanulási képességeit egy deep Q-learning alapú fejlődésrobotikai kísérlet (BÁTFAI N. 2015) és a Robotautó Világbajnokság forgalomirányítási rendszer összekapcsolásával képzeljük el (I-8). Itt elsősorban az útvonal választási döntések korábbi tapasztalatait is fel szeretnénk használni a jövőbeli jobb döntések érdekében. Ezen felül a rendszer Police Edition változatához az egyes rendőr ágensekhez implementálni szeretnénk egy csevegő robotot, melyek ily módon hatékonyabban tudnák üldözni a gengszter ágenseket.



## Felhasznált irodalom

- BÁTFAI, N. (2013): UDProg – The Yearbook of the Programmers of University of Debrecen.  
<https://sourceforge.net/projects/udprog/>
- BÁTFAI, N. (2014): Robocar World Championship – Official Software Repository.  
<https://github.com/nbatfai/robocar-emulator>
- BÁTFAI N. (2015): A disembodied developmental robotic agent called Samu Bátfa. arXiv preprint arXiv:1511.02889
- BÁTFAI, N.–BESENCZI, R.–MAMENYÁK, A.–ISPÁNY, M. (2015a): OOCWC: The Robocar World Championship Initiative. In IEEE Conference Publications, 10.1109/ConTEL.2015.7231223, pp. 1–6. Telecommunications (ConTEL), 2015 13th International Conference on, 2015
- BÁTFAI, N.–BESENCZI, R.–MAMENYÁK, A.–ISPÁNY, M. (2015b): Traffic Simulation based on the Robocar World Championship Initiative. Infocommunications Journal, vol. 7., no. 3., pp. 50.
- BESENCZI, R.–KATONA, T.–SZILÁGYI M. (2015): A Fork Implementation of the police edition of the OOCWC system. In Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2015 6th IEEE International Conference on
- GORDON, D. M. (1995): The development of organization in an ant colony. American Scientist, vol. 83, no. 1, pp. 50–57, 1995.
- MAGYAR OSM KÖZÖSSÉG:  
<https://www.facebook.com/groups/osm.hu/permalink/701393729996958/>
- OPENSTREETMAP, MAP FEATURES (2016): [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map\\_Features](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features)
- STEIGER, M. (2016): JXMapView programkönyvtár  
<https://github.com/msteiger/jxmapviewer2>
- I-1: <http://www.openstreetmap.hu/>
- I-2: <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/>
- I-3: <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html>
- I-4: <http://osmcode.org/libosmium/>
- I-5: [http://docs.osmcode.org/libosmium/latest/haversine\\_8hpp.html](http://docs.osmcode.org/libosmium/latest/haversine_8hpp.html)
- I-6: [http://www.boost.org/doc/libs/1\\_60\\_0/libs/graph/doc/index.html](http://www.boost.org/doc/libs/1_60_0/libs/graph/doc/index.html)
- I-7: <http://www.google.com/permissions/geoguidelines.html>  
<https://developers.google.com/maps/terms>
- I-8: <https://github.com/nbatfai/nahshon/issues/1>

# Keszthely lakott területének természetföldrajzi szempontú minősítése

Morva Tamás<sup>1</sup> – Gyenizse Péter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, morvatamas@gmail.com

<sup>2</sup> docens, PTE TTK Földrajzi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

**Abstract:** Natural attributes basically define social and economic processes taking place in the geographical space. The historical development of towns preserves this print of effect that appears in urban morphology and in space use as well. The aim of our study is to explore the differences in natural attributes in Keszthely with the help of objective geoinformatical methods, exact statistics and maps, then to examine these correspondences with the history and the present state of the town. Moreover, predictions for the developments in the future are also included in this study.

## Bevezetés

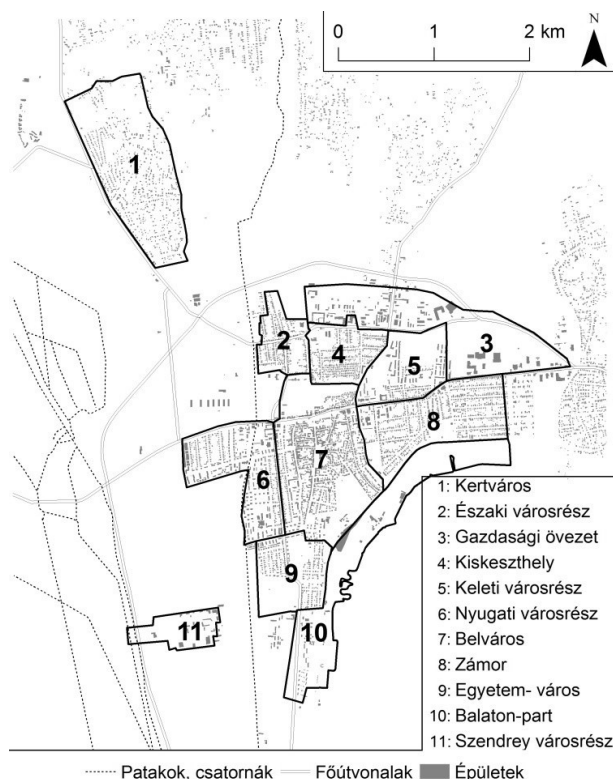
A települések kialakulásában és fejlődésében rendkívül fontos szerepet játszik a természeti környezet. A környezeti adottságok fontossága a települések életében a történelem során az egyre fejlettebb műszaki megoldások és a folyamatosan jelentkező új társadalmi igények miatt folyamatosan változott, de még napjainkban is számottevő. A zalai táj „szeres” települései erre különösen jó példával szolgálnak. Számos kutató foglalkozott a települések és a természet kapcsolatrendszerével, például LENNER T. (2008), MAROSI, S.–SZILÁRD, J. (1974), ELEKES T. (2008), GYENIZSE P. (2009), vagy LÓCZY D. (2002).

A településeket rendszerként értelmező definíciókban is megjelenik a természeti szféra, TÓTH J. (1981) tetraéder modelljében a települések a természeti, társadalmi, gazdasági és műszaki adottságok egységei, ahol minden tényező kapcsolatban, kölcsönhatásban áll a többivel. A település természeti környezete a helyi és helyzeti energiák viszonyában is értelmezhető. A földrajzi fekvésből eredő előnyök a helyzeti energiák, míg a csak helyben, lokálisan rendelkezésre álló adottságok a helyi energiák. Keszthely esetében helyzeti energiát jelent például a kedvező forgalmi helyzet vagy a két táj, a Keszthelyi-hegység és a Zalai-dombvidék találkozása, míg helyi energiák a termőföld, a környező erdők faanyaga, a bányászható építőanyagok, vagy a magasabb felszínek vízmentessége. Vizsgálatunk során abból indulunk ki, hogy eggyel alacsonyabb szinten, a települések határain belül is lehetnek kedvezőbb és hátrányosabb adottságokkal bíró területek.

A korszerű településtervezés megkívánja a természeti viszonyok pontos ismeretét, ami segít környezetvédelmi és műszaki kérdések megválaszolásában is (NAGYVÁRADI L.–PIRKHOFFER E. 2008, RONCZYK L.–TRÓCSÁNYI A. 2006). A geoinformatikai eszközök kiválóan alkalmasak arra, hogy a vizsgálni kívánt

tényezőket térben és időben elemezhesük, és komplex rendszerbe foglalhassuk (SZABÓ G.–SZABÓ SZ. 2013, SZABÓ SZ.–SZABÓ G.–SZABÓ J. 2004). Jelen munkánk egy ilyen esettanulmányt mutat be Keszthely város területén. A természeti szempontú minősítés során a célunk egy olyan raszteres térkép létrehozása, amely a város területét a lejtőszög, a kitettség és a hidrológiai viszonyok alapján objektíven, számszerűsítve osztályozza és feltárja a relatív különbségeket az egyes településrészek között.

A vizsgált terület már az őskortól fogva lakott volt. Neolit és bronzkori leleteket is találunk itt, később Fenékpusztán római erődítmény épült. Akkoriban a Balaton vízszintje a mainál magasabb volt, a fenéki átkelőn túl a területet nyugatról is víz határolta (HEINRICH-TAMÁSKA O.–MÜLLER R.–STRAUB P. 2012). Jelenleg a balatoni vízmércék 0 pontja 104,09 méter. A part menti sík területek észak felé a Keszthelyi-hegység irányába magasodnak. A geológiai viszonyok miatt kevés felszíni vízfolyást találunk, a hévízi völgyben a Hévízi-árok és csatornarendszere, valamint a város nyugati oldalán az időszakos Csókakői-patak említhető. A tó vízfelülete a part menti néhány száz méteres sáv klímájára is hatással van. Ezen természeti viszonyok a település létrejöttében kulcsfontosságúak voltak. Az őskori és ókori leletek valamint a honfoglalás utáni források is azt jelzik, hogy az emberek csomópontszerűen telepedtek le a környéken és ezen csomópontok a kiemelt, állandóan lakható térszíneken voltak (MORVA T. 2013). Később ezekből kiindulva terjeszkedett és vált egységgé a város.



1. ábra Keszthely városrészei és a terület áttekintő térképe (szerk. Morva T.)

## Anyag és módszer

A minősítés első lépése az adatgyűjtés és előkészítés. Elsődleges és másodlagos adatgyűjtést is végeztünk a munka során. A vizsgálandó területet úgy jelöltük ki, hogy Keszthely minden városrészét magába foglalja. A városrészek beosztását csak részben lehetett átvenni az Integrált Városfejlesztési Stratégiából (IVS), mert ebben véleményünk szerint több városrész aránytalanul jelenik meg. A felosztást részben az IVS, részben a hagyományos városrész elnevezések alapján készítettük el (*1. ábra*). A területen található épületeket alaprajz szerint reprezentáló állományhoz az adatokat részben Openstreetmapról vettük át, részben kézzel digitalizáltuk.

A minősítéshez domborzatmodellt hoztunk létre az 1985–89-es topográfiai térkép felhasználásával. Ezt úgy készítettük el, hogy a vizsgált terület kijelölése után az idevágó georeferált térképszelvényről digitalizáltuk a szintvonalakat, amelyekből ArcGIS-ben a Topo To Raster interpolációs eljárással domborzatmodellt hoztunk létre. A domborzatmodellt korrigáltuk úgy, hogy a lefolyásviszonyok helyesek legyenek. Ezen kívül létrehoztuk a vizsgált terület vízfolyásait és a Balatont reprezentáló vektoros állományt, amit a Google térkép és a 1985–89-es topográfiai térkép felhasználásával digitalizáltunk.

A domborzatmodellből készítettük el a lejtőkitettséget megjelenítő rasztert. A kitettség azért fontos, mert leírja a napsugarak beesési szögét amiből következtethetünk a kedvező mikroklimájú területek elhelyezkedésére. A pontozást GYENIZSE P. (2009) alapján így végeztük el:

- É: 1,
- ÉK és ÉNY: 2,
- K, NY, és sík területek: 3,
- DK és DNY: 4,
- D: 5.

Ezt követően a domborzatból lejtőszög térkép készült, hiszen lejtő meredeksége nagyban befolyásolja a beépíthetőséget. A kategóriák beosztása a beépíthetőség szerint PÉCSI M. (1985) alapján a következőképpen alakul:

- kedvező: 0-5,5%,
- alkalmas: 5,5-11%,
- tereprendezéssel építhető be: 11-33%,
- kedvezőtlen: 33-77%,
- alkalmatlan: 77%-.

A hidrológiai viszonyokat nem egyszerű távolságon alapú bufferekkel vizsgáltuk, hanem a felszínt a Balatontól vagy egyéb vízfolyás vízszintjétől számított magassági fekvés szerint osztályoztuk. Ahhoz, hogy minden pontról meg lehessen mondani, hogy vélhetően melyik vízfolyás közelsége hat rá, ArcGIS-ben meghatároztuk a vizsgált terület felszíni vizeinek vízgyűjtőit (Balaton, Csókakői-patak, Hévízi-árok). Ezután vízgyűjtőnként olyan felületeket képeztünk, amelyek a tengerszint feletti magasságot is figyelembe véve a vízfelület magasságától 0, 1, 2, 5 és 10 méteres magasságokban futnak. Ezeket a valós domborzatból kivonva megkaptuk

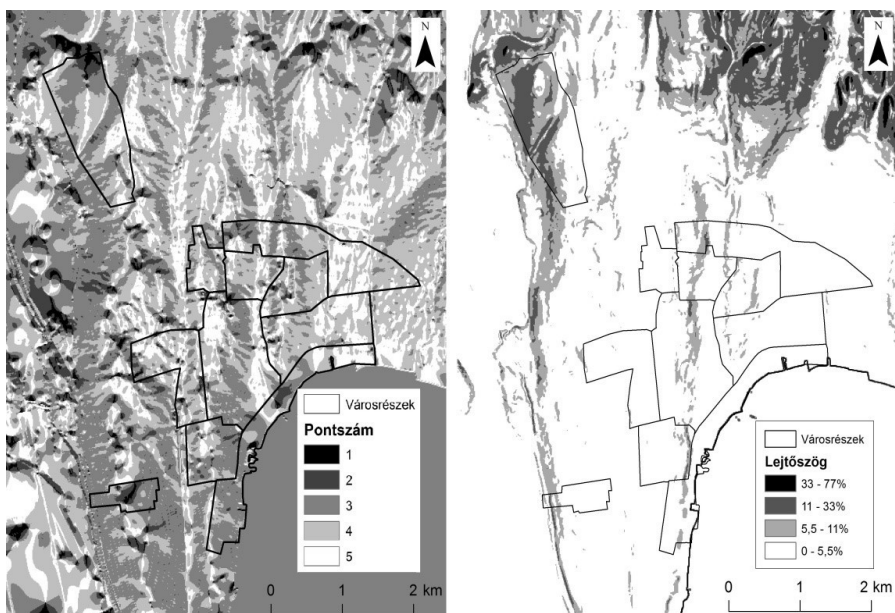
a vízfelületektől vett vertikális távolságokat. A pontozás a következőképpen alakul:

- 0 pont: 0 méter, vagyis a vízszint magassága,
- 1 pont: 0-1 méter,
- 2 pont: 1-2 méter,
- 3 pont: 2-5 méter,
- 4 pont: 5-10 méter,
- 5 pont: 10 méter felett.

## Eredmények

A vizsgált területen a lejtőkitettségről megállapítható, hogy általában kedvező a letelepedéshez és beépítéshez. A Keszthelyi-hegység irányából a Balaton felé lejtő lankás felszínen többségben vannak a keleti, délkeleti és déli irányba néző területek. Kertváros főként nyugati és délnyugati fekvésű lejtőkre épült. A minősítő térkép azonban változatosabb képet mutat, ami annak köszönhető, hogy a néhány 10 méteres pozitív és negatív domborzati formák, völgyek és hátaik elegendőek ahhoz, hogy változatos kitettségi viszonyokat okozzanak (2. ábra).

A lejtőszög rendkívül fontos a beépítés szempontjából, hiszen befolyásolja az építkezés költségét, instabil lejtők esetén lehetetlenné is teheti azt, vagy közvetve például a hidrológiai jellemzőkre hat. Határozott, meredekebb lejtőkkel csak kertvárosban és a környékbeli helyközségek emelkedő felszínein találkozunk (2. ábra). A kertvárosi területet a történelem során sokáig főként szőlőként hasznosították, ebből nőtt ki és alakult át napjainkra, jelenleg a lakó és nyaralófunkció az elsődleges, mégis



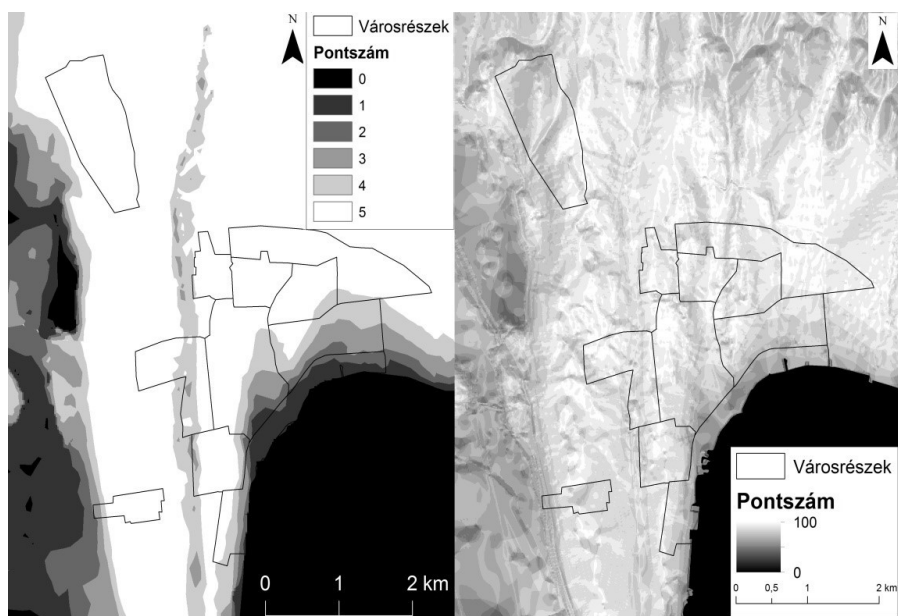
2. ábra A vizsgált terület kitettségi (balra) és lejtőviszonyai (jobbra)  
(szerk. Morva T.)

részben az eredeti hasznosítás magyarázhatja, hogy miért épült be itt a domboldal. Napjainkban a Hévízre nyíló szép panoráma jelent fontos vonzerőt. A többi városrész területén kevés olyan lejtő van, amely megnehezítené az építkezést, ezek általában kis területűek, mégis észrevehető, hogy sokszor határvonalat képeznek a beépített egységek között.

A hidrológiai viszonyok bizonyulnak a legfontosabb környezeti tényezőnek Keszthely fejlődésében. A talajvíz a vizsgált területen a felszíni vizekkel erős korrelációt mutat. Természetesen a Balaton szintjéhez való közelség a talajvíz szintjére sokkal erőteljesebben hat, mint egy kisebb patakhoz közeli fekvés.

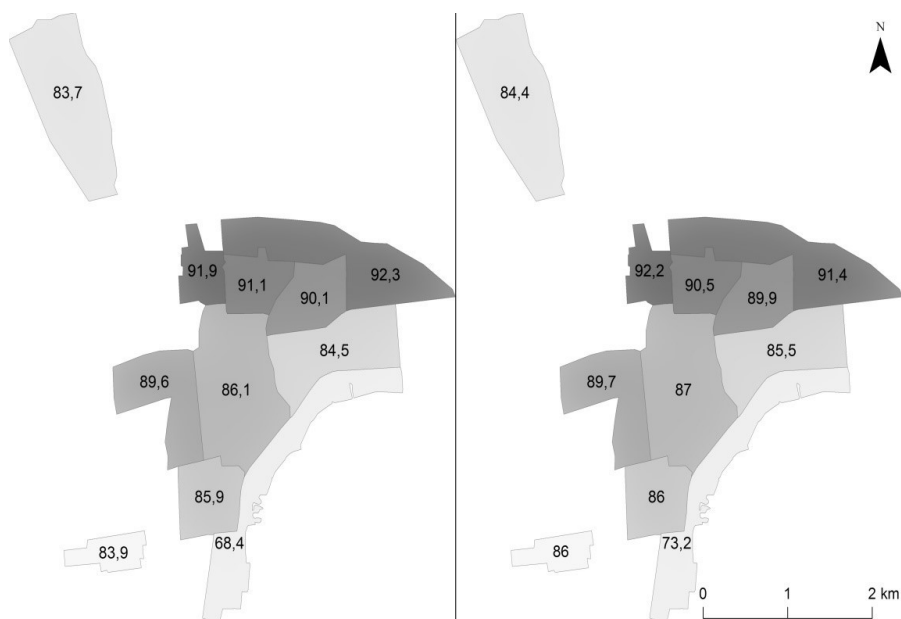
A természeti adottságok összesített minősítéséhez a következő a különböző rétegek egyesítése. A rasztereket a könnyebb értelmezés kedvéért újraosztályoztuk úgy, hogy a pontszámok 0 és 100 közé essenek. A természeti minősítés eredménye a 3. ábrán látható. Megállapítható, hogy a tóhoz közeli városrészek alacsonyabb pontszámot kaptak, és ezt valóban alátámasztja a tény, hogy itt a magas talajvíz miatt a pincék beázása és a házak felvizesedése gyakori, ezért a megfelelő szigetelést nem szabad elmulasztani.

A környezeti adottságok három fő irányban támogatják Keszthely terjeszkedését. Az egyik a Csókakői-pataktól nyugatra található nagyjából az elkerülő út vonaláig, ahol a vizenyős területek kezdődnek, illetve északon a patak és kertváros között. A másik Keszthelytől északra Cserszegtomaj irányában, a harmadik pedig északkelet felé Gyenesdiás és a hegység irányában látható. A Balaton felé a hidrológiai viszonyok erős korlátozó hatást gyakorolnak, körülbelül a vasút és a part



3. ábra A vizsgált terület hidrológiai viszonyai (balra) és a komplex minősítő térkép (jobbra) (szerk. Morva T.)





4. ábra Keszthely városrészeinek átlagos pontszámai (balra) és az épületek alaprajzai alól kiolvasott értékek átlagai városrészenként (jobbra)(szerk. Morva T.)

közötti sáv jelöli ki a legrosszabb minősítésű területet. Kertváros és Hévíz között a Gyöngyös-patak völgyében vizes területek fekszenek, ami megakadályozza a beépítést.

A városrészek és az épületek alaprajzai szerinti statisztikák elkészítése után már nem csak vizuálisan érhető el a kitűzött cél: a városon belüli különbségek számszerű feltárása (4. ábra). A legmagasabb pontszámot a négy északi városrész kapta (Gazdasági övezet, Északi városrész, Kiskeszthely, Keleti városrész). Nem véletlen, hogy az ipari, gazdasági, kereskedelmi és szolgáltató funkciókat tömörítő gazdasági övezet ezen a területen fejlődött ki. A Belváros, Nyugati városrész, Egyetemváros és Zámor átlagos eredményt produkált, de utóbbi esetében a magas talajvíz helyenként már komoly problémát jelent. A Balaton parti területek érthetően a legrosszabb pontszámokat kapták, ahol problémát okoz, hogy a turizmus fellendítéséhez folyamatos infrastruktúra fejlesztés lenne kívánatos. Kertváros átlag alatti eredményét a meredek lejtők okozzák.

## Összefoglalás, a kutatás további irányai

Több magyar nagyváros esetében készült már el hasonló elvek mentén minősítés. Kutatásunkkal rámutattunk, hogy egy olyan kisebb, sajátos funkciókkal és történelmi hagyományokkal rendelkező város, mint Keszthely esetében is kimutatható módszerünkkel a természeti adottságok hatása a beépítettség fejlődésére.

Kimutattunk a városon belül a vizsgált környezeti adottságok északi és



másodlagosan nyugati irányban egyre jobbak, ami miatt egy észak – dél tengely figyelhető meg, sőt a trend a város határain túlnyúlik és ezekben az irányokban könnyíti meg az esetleges további terjeszkedést.

Modellünk a valóság egyszerűsített változata, ezért természetesen tovább javítható és bővíthető. Az eredmények relatív különbségeket mutatnak, ezért más vizsgálatokkal nehezen összevethetőek, valamint dolgozunk a tényezők egymáshoz viszonyított súlyozásának a pontosításán is. Új elemként ígéretesnek tűnik a területre eső besugárzás, valamint a mérnökgeológiai, talajmechanikai jellemzők bevonása a vizsgálatba. Lehetőség van a természeti minősítés mellett társadalomföldrajzi szempontú elemzésre is, ami lehetőséget ad, hogy feltárjuk e két szféra viszonyrendszerét, az általuk alkotott dinamikus egyensúlyt.

## **Felhasznált irodalom**

- ELEKES T. (2008): A földrajzi tényezők szerepe a településfejlődésben.–Dialog Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 160 p.
- GYENIZSE P. (2009): Geoinformatikai vizsgálatok Pécsen.–Publikon Kiadó, Pécs. 110 p.
- HEINRICH-TAMÁSKA O.–MÜLLER R.–STRAUB P. (2012): A fenékpusztai római erőd évszázadai. – Yeloprint Kft, Budapest. pp. 3–42.
- LENNER T. (2008): Some common aspects of the historical-geographical development of Hungary's small towns' – through examples of towns of North-Western Hungary. – In: CSAPÓ T. - KOCSIS ZS. - VERESS M. (szerk.): Geographical studies on the University of West Hungary. Szombathely: University of West-Hungary Faculty of Sciences, pp. 119–130.
- LÓCZY D. (2002): Tájéértékelés, földértékelés. – Dialog Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 307 p.
- MAROSI, S.–SZILÁRD, J. (1974): Domborzati hatások a gazdálkodásra és településekre. Földrajzi Közlemények, 98, pp. 185–196.
- MORVA T. (2013): Keszthely város minősítése geoinformatikai eszközökkel. (Kézirat, Diplomamunka). PTE Földrajzi Intézet, Pécs. pp. 6–45.
- NAGYVÁRADI L.–PIRKHOFFER E. (2008): A modern geográfia kihívása: a térinformatika önkormányzati alkalmazásának új lehetőségei Kozármisleny példáján. – Földrajzi Értesítő LVII. évf. 3-4. szám, pp. 299–311.
- PÉCSI M. (1985): Domborzatminősítő térképek. In: Ádám László-Pécsi Márton (szerk.): Mérnökgeomorfológiai térképezés, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp.7–14.
- RONCZYK L.–TRÓCSÁNYI A. (2006): Some changes in urban environment in Pécs. – In: Ronczyk, L.–Tóth, J.–Wilhelm, Z. (ed.): Sustainable Triangle, University of Pécs, Institute of Geography, Pécs, pp. 174–182.
- SZABÓ G.–SZABÓ SZ. (2013): Városi felszínmodell generálása távérzékelés alapú adatgyűjtéssel. – In: Lóki J. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.: Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás. Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 373–378.

- SZABÓ SZ.–SZABÓ G.–SZABÓ J. (2004): Digitális magasságmodellek és űrfelvételek alkalmazása geomorfológiai értékeléshez a Bodrogsziget példáján. Digitális domborzatmodellezés használata a környezet- és mérnöktudományokban c. konferencia – Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Konferencia CD ROM
- TÓTH J. (1981): A településhálózat és a környezet kölcsönhatásának néhány elméleti és gyakorlati kérdése. Földrajzi Értesítő, 30, pp. 267–291.

# Földi csapadékadatok új megközelítésű interpretációja távérzékelési módszerek felhasználásával

Nagy Gábor<sup>1</sup> – Czigány Szabolcs<sup>2a</sup> – Ronczyk Levente<sup>3</sup> –  
Magyar Elisabeth<sup>5</sup> – Halmai Ákos<sup>4</sup> – Pirkhoffer Ervin<sup>2b</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, nagy@gamma.ttk.pte.hu

<sup>2a</sup> egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi Intézet, sczigany@gamma.ttk.pte.hu

<sup>2b</sup> egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi Intézet, pirkhoff@gamma.ttk.pte.hu

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, PTE TTK Földrajzi Intézet, hidrogen@gamma.ttk.pte.hu

<sup>4</sup> tanársegéd; PTE TTK Földrajzi Intézet, halmaia@gamma.ttk.pte.hu

<sup>5</sup> MSc hallgató, PTE TTK Földrajzi Intézet, elisabethmagyar@gmail.com

**Abstract:** Monitoring systems and data acquisition are essential components of smart cities. Rainfall, temperature, stream water level, groundwater table depth, snow depth and soil moisture data have been monitored since 2012 in Pécs, SW Hungary by a hydrometeorological monitoring network of 14 weather stations and 8 stream gages. The current study analyses the meteorological and hydrological characteristics of the convective event of August 3, 2014. Due to the convective characteristics of the event, large spatial differences in rainfall totals were observed within the administrative area of the city (15 to 72 mm). Hydrologic reaction times were extremely short, ranging between 5 and 25 minutes, and water level changes were up to 2 meters. Although the spatial pattern of the ground precipitation and the radar data were closely related, ground precipitations largely exceeded the values obtained by radar reflectivity. Our findings likely contribute to the elaboration of a smart city management approach in Pécs.

## Bevezetés

A szélsőséges csapadékesemények gyakoribbá válásának hatására a településszintű földi és távérzékeléses mérések új megközelítése válik szükségessé a hegy- és dombvidéki települések árvízvédelmének fejlesztése céljából. Ez a fajta megközelítés nélkülözhetetlen hozzájárulás lenne az elterjedőben lévő intelligens településvezérlés (smart city engineering) tekintetében. A klímaváltozás felveti annak szükségességét, hogy megértsük a települési csapadékvíz-gazdálkodás mechanizmusát, modellezhessük a csapadékvíz-elhelyezés lehetőségeit, különös tekintettel az extrém időjárási helyzetekre vonatkozóan. Az évi középhőmérsékletek megemelkedésével párhuzamosan a hidrológiai ciklus is egyre intenzívebbé válhat (CANDELLA, L. ET AL. 2012; KLUG, H. 2015; BARTHOLY J. ET AL. 2011). Éghajlati scenáriók azonban a Kárpát-medence szárazabbá válását szintén előre vetítik (BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R. 2005). Ennek részben ellentmond, hogy a mért adatok alapján a Dél-Dunántúlon az éves csapadékösszegek szignifikánsan nem változtak az utóbb mintegy 110 évben (BÖTKÖS T. 2006; PIRKHOFER E. ET AL. 2009).

Az éghajlatváltozás mellett a területhasználat változása jelentős hatással van a vízgyűjtők hidrológiai folyamataira, a beépítettség, a burkolt felszínek arányával

nő az árhullám nagysága, valamint rövidül a lefolyás és összegyülekezés időtartama (CHEN, Y. ET AL. 2009).

Felszíni monitoring és távérzékelési adatok felhasználásával jobban érthetővé válnak a felszíni és felszín alatti hidrológiai folyamatok, feltérképezhetők a kritikus elöntési pontok, az árvizeknek kitett településrészek veszélyeztettsége. Azonban a radar és a földi mérések összehasonlítása nagy kihívást jelent, ugyanis számtalan hiba befolyásolhatja a radar-reflektivitás értékeket (STEINER ET AL. 1999). Az eltérések okai közé tartoznak a konvektív események során történő hirtelen feláramlások, illetve a radar és a földi mérések időbeli felbontásaiból származó különbségek (FEKETE D. 2014). Az egyes eseményekre vonatkozó csapadékösszegek esetében a korrigálatlan radaradatok és a földi mérésű csapadékok között több mint 10 mm-es különbség is megfigyelhető. A mért csapadéértékek a mérőpontoknál minden esetben 10–20 mm-rel többnek bizonyultak a radar által érzékeltéknél.

A távérzékelte adatok és felszíni monitoring-adatok rendszerbe történő integrálásával, az úgynevezett intelligens városvezérlés valósulhat meg. Pécs városának tervei között szerepel a Green Capital of Europe pályázat beadása, aminek szerves része lenne egy adatokon alapuló, intelligens mérési és irányítási rendszer üzembe helyezése. A hosszabb távú terveknek megfelelően létrehoztunk 2012–2014 között egy olyan felszíni hidrometeorológiai és talajnedvesség mérőhálózatot, amely képes a hidrológiai ciklus több kulcsfontosságú fizikai állapotváltozójának mérésére, detektálására.

A jelen tanulmány célja bemutatni a Pécsen működő hidrometeorológiai monitoring-rendszert egy csapadékesemény elemzésén keresztül. Kutatásaink során feltártuk a Pécsen, 2014. augusztus 3.-án bekövetkezett heves csapadékesemény idő- és térbeli összefüggéseit, illetve összehasonlítottuk a mért földi adatokat a távérzékeléssel mért értékekkel.

## **Anyag és módszer**

### ***Monitoring rendszer***

Méréseinkhez a Pécsi Tudományegyetem (PTE) és a Tettye Forrásház közös tulajdonában levő közel 10 km<sup>2</sup>/állomás lefedettséggel rendelkező hálózat (162 km<sup>2</sup>/14 állomás) adatait használtuk fel. A csapadékesemények regisztrálását Boreas, Lambrecht és Decagon gyártmányú billenőedényes csapadékmérőkkel végeztük 10 perces időbeli felbontással.

Vízállásmérő szenzorok a BLOKOM Kft. munkatársai segítségével hét mérőhelyen kerültek kihelyezésre. A DATAQUA gyártmányú (DATAQUA Kft., Balatonalmádi) szenzorok elhelyezésnek fő szempontja az volt, hogy lehatárolható legyen az egyes részvízgyűjtők (főgyűjtők) hozzájárulása az árhullámok víztömegéhez. A vízhozamok kiszámolását Q-h görbék segítségével végeztük el a Mohácsi út, Ürögi-patak (Páfrány utca) és Bálics-patak esetében. A vízhozam-értékek

kalkulálását a vízállás értékekből a Pécsi-víz Tüskésrét és Börgyári mérőpontján a DDVIZIG munkatársaival közösen valósítottuk meg.

A 2014-es év folyamán összesen 7 helyen vizsgáltuk a talajnedvesség időbeli változását. A méréseket Decagon 5TM, Decagon 10HS típusú és Spectrum TDR rendszerű (Time Domain Reflectrometer) szenzorokkal végeztük. A PTE Ifjúság úti campus-án Decagon 10HS és Spectrum típusú szenzorokkal is monitoringoztunk, 15 és 30 centiméteres mélységekben. A többi mérőhelyen a szenzorokat kb. 20 centiméteres mélységben helyeztük el, vízszintesen a talajba. A Decagon 5TM szenzorok esetében így talajhőmérséklet-adatokat is gyűjtöttünk.

### ***Távérzékelte adatok feldolgozása***

Az OMSZ-től vásárolt 15 percenként készített radarképeket ArcGIS 10.2 szoftver felhasználásával olvastuk ki három eltérő módszerrel. Az első módszernél a csapadékmérőpontok felett, a második módszerrel a pontszerű mérések értékeit kiterjesztettük a pontokat tartalmazó Thiessen poligonokra, a harmadik módszerrel pedig interpoláltuk a pontméréseket a távolság arányával négyzetesen arányosan, illetve a Kriging-interpolációval, majd a raszterizált földi csapadékadatok értékeiből kivontuk a radarértékeket.

## **Eredmények**

### ***A csapadékesemény idő- és térbeli karakterisztikája***

A Pécssett regisztrált csapadékadatok között jelentős eltérések mutatkoznak, ennek az egyik legfőbb oka a nagy intenzitású csapadékesemények egyre dominánsabb szerepe az éves csapadékösszegekben. A 2014-es év leghevesebb árvízeseményét egy igen jelentős konvektív csapadékesemény váltotta ki a koradélutáni órákban. Karakterisztikája és a 114 éves éghajlati adatok alapján a csapadékesemény mintegy 33-éves visszatérési idővel, azaz 3%-os előfordulási valószínűséggel jellemezhető. Pécssett az 1-1.5 óra alatt lehullott csapadékmennyiségek megközelítették a 70 mm-t egyes mérőhelyeken, főleg a város legalacsonyabban fekvő területein, a Kertváros ÉK-i részén. Konvektív jellegének köszönhetően a csapadékösszegek jelentősen eltértek a város egyes területein, 15 és 72 mm-t regisztrálva az egyes mérőpontokon.

A csapadékesemény 12:15 órakor kezdődött a város nyugati, északnyugati peremén, maximális intenzitását 13:45 és 14:00 óra között érte el. A csapadék intenzitása meghaladta a beszivárgási sebességet, ugyanis a maximális talajnedvesség-értékek 20 cm mélyen mindössze  $0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  értéknél tetőztek (a terület talajainak porozitása  $\varepsilon = 0,41\text{--}0,43$ ). A csapadékesemény jellegéből fakadóan óriási területi szórás jellemezte az eseményt, pl. a város keleti részén, a Rezgő úton mindössze 15,1 mm csapadék hullott, összesen 10 perc alatt. A Jegenyész utcai mérőhelyen 9,5 mm/5 perc intenzitást is regisztráltunk (ezen a környéken regisztráltuk a maximális csapadékösszeget is). A rövid idő alatt lezúduló csapadék jelentős áradásokat váltott

ki a város mélyebben fekvő területein, pl. a vasútállomás és Északmegyer területén. Hasonló előntéseket okozott pl. a belvárosi főgyűjtők alsó szakaszán. Az árhullám előbb jelent meg a Pécsi-víz városi alsó szakaszán (Börgyári mérőhely), mint feljebb, a Tüskésréti vízmércénél, ennek a hátterében a keleti városrészeket ért alacsonyabb csapadékmennyiség lehet a fő faktor.

### ***Hidrológiai válaszreakciók***

A vizsgált eseménynél a hidrológiai reakcióidők (összegyülekezési idők) 5 és 25 perc között változtak a főgyűjtők méretének, jellegének és felszínborításnak, valamint a csapadékintenzitásának függvényében, azaz tipikus villámárvízi (flash flood) eseményről beszélhetünk.

A főbb pécsi vízfolyásokon a vízállások mintegy 40 (Pécsi-víz/Szabolcsi vízfolyás torkolata, Mohácsi út) és 200 cm (Bálics-patak) vízszintváltozást regisztráltunk. A fő befogadó Pécsi-víz középső szakaszán (Tüskésrét) 80 cm, míg a belvárosi főgyűjtő torkolata utáni szakaszán, ahol legmagasabb a betonfelszínnek aránya (Börgyári mérőpont) 150 cm vízszint-emelkedést mértünk.

### ***A radar és a felszíni csapadékadatok különbségei***

Csapadékadatokat összevetve a távérzékeléssel mért értékekkel azt tapasztaltuk, összhangban a korábbi tanulmányokkal (pl.: JOSS–WALDVOGEL 1990, NÉMETH–SEBŐK 2005), hogy a térbeli mintázat megegyezett a kétféle módszer során. Azonban szignifikáns eltérést tapasztaltunk a korrigálatlan (nyers) radar által érzékelt és a csapadék-mérőponton mért csapadékintenzitások között. Ez az eredmény összhangban van a korábbi megfigyelésekkel (JOSS–WALDVOGEL 1990, GJERTSEN ET AL. 2003, FEKETE D. 2014).

Eredményeink nagyobb eltéréseket jeleztek a 15 perces intenzitások esetében a radar és a földi értékek között, mint a korábbi tanulmányok. Valószínűleg a szignifikáns eltérés oka a légköri jelenség konvektív dinamikájában (intenzív feláramlások), a domborzati adottságokban valamint a mérések eltérő időbeli felbontásában rejlik (5 és 10 perces földi mérés, 15 perces radaradatok).

### **Konklúzió**

A csapadék, főleg konvektív események és szupercellák esetében, térben és időben rendkívül heterogén időjárási jelenség. Ezt az állítást tökéletesen alátámasztják a Pécs város közigazgatási területén működtetett hidrometeorológiai monitoring-rendszer által rögzített adatok.

A 2014-es esettanulmányunk és a jelenleg is folyó kutatásaink azt mutatják, hogy bár a térbeli intenzitás-mintázat megegyezik, a nyers radarértékek és földi mérések az intenzitások tekintetében szignifikáns eltérést mutatnak. Esettanulmányunk arra mutatott rá, hogy Pécs város területén található vízgyűjtők egy csapadékesemény során

más-más összegyülekezési idővel válaszolnak. Mivel ezek a heves záporesemények a városi árvizek (urban flood) okozói, kiemelt szerepet kell, hogy kapjanak a fejlesztési stratégiák készítése, a településtervezés és -üzemeltetés során. Egyben további kutatások szükségesek a radarfelvételek méréseinek pontosításában és a földi mérési eredményekhez való jobb közelítés elérésében.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a PTE – a 650 éves almamáterünk támogatását. Kutatásunk a Tettye Forrásház Zrt. a BOKOR és a Dél-Dunántúli Vízügyi Igazgatósággal való együttműködés nélkül nem jöhetett volna létre. A szerzők szintén köszönetüket fejezik ki a PTE Földtudományok Doktoriskola által nyújtott anyagi támogatásért.

## Felhasznált irodalom

- BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R. (2005): Néhány extrém éghajlati paraméter globális és Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. AGRO-21 Füzetek 40. pp. 70-93.
- BARTHOLY J.–BOZÓ L.–HAPSZRA L. (2011): Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. A Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest, 281 p.
- BÖTKÖS T. (2006): Precipitation trends in Pécs. Pollution and water resources.- Columbia University Seminars volume XXXVI pp. 171–178.
- CANDELLA L.–TAMOH, K.–OLIVAERS, G.–GOMEZ, M. (2012): Modelling impacts of climate change on water resources in ungauged and data-scarce watersheds. Application to the Siurana catchment (NE Spain).- Science of the Total Environment 440. pp. 253–260.
- CHEN Y.–XU Y.–YIN Y. (2009): Impacts of land use change scenarios on storm-runoff generation in Xitaoxi basin, China, Quaternary International 208. pp. 121–128.
- FEKETE D. (2014): A földfelszíni csapadékmérő hálózat adataiból származtatott és a radaros csapadébecslés által készített csapadékmezők összehasonlító elemzése. – diplomamunka ELTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék -nimbus.elte.hu/tanszek/docs/MSc/2014/FeketeDenesZsolt\_2014.pdf-2016.01.03. megtekintés
- GJERTSEN, U. –SALEK, M.–MICHELSON, D. B. (2003): Gauge-adjustment of radar-based precipitation estimates – a review, On line at: [http://www.smhi.se/cost717/doc/WDD\\_02\\_200310\\_1.pdf](http://www.smhi.se/cost717/doc/WDD_02_200310_1.pdf) - 2016.03.01 megtekintés
- JOSS, J.–WALDVOGEL, A. (1990): Precipitation measurement and hydrology. pp. 577–597 in Radar in Meteorology: Battan Memorial and 40th Anniversary Radar Meteorology Conference. Ed. D. Atlas. American Meteorological Society, Boston, USA
- KLUG, H.–OANA, L. (2015): A multi-purpose weather forecast model for the Mondsee Catchment.- Journal for Applied Geoinformatics. GI\_Forum 2015/1. pp. 602–611.
- NÉMETH P.–SEBŐK I. (2005): Az időjárási radarmérésekből származtatott csapadékmező korrigálása a földfelszínen mért csapadék alapján. A 30. meteorológiai tudományos



- napok előadásai. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, pp. 147–154.
- PIRKHOFFER E.–S CZIGANY SZ.–GERESDI I. (2009): Impact of rainfall pattern on the occurrence of flash floods in Hungary.–*Zeitschrift für Geomorphologie* 53:(2) pp. 139–157.
- STEINER, M.–SMITH, J. A.–BURGES, S. J.–ALONSO, C. V.–DARDEN, R. W. (1999): Effect of bias adjustment and rain gauge data quality control on radar rainfall estimation. *Water Resour. Res.*, 35, pp. 2487–2503.

# Térinformatikai adatok véletlenszerű generálása oktatási célokra

Nagy Gábor

mestertanár, Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet,  
nagy.gabor@amk.uni-obuda.hu

**Abstract:** This paper describes some methods for generating random GIS datasets for educational purposes. The article contains a method to calculate random affine transformation, and another method to calculate random rubbersheet transformation.

## Bevezetés

Sokszor fordul elő, hogy valamilyen oktatási célú feladathoz véletlenszerűen szeretnénk adatokat generálni, vagy valamilyen kiinduló adatot véletlenszerűen kellene megváltoztatni úgy, hogy ezáltal sok egymáshoz hasonló, de ennek ellenére mégsem azonos adathalmazt kapjunk. Ezzel biztosítani lehet, hogy a házi feladatokat, a gyakorlati beszámolók feladatait, vagy akár az órai feladatokat minden hallgatónak egyénileg kelljen elkészítenie, ne tudja senki másnak a feladatát a saját munkájaként beadni.

A térinformatika tanítása során is szükség lehet gyakorló feladatsorok generálására a már bemutatott okokból. Ebben a cikkben néhány már a gyakorlatban is kipróbált megoldást szeretnék bemutatni.

## Alapvető eszközök

Minden a témában szereplőhöz hasonló programozási feladat alapvető eleme, hogy véletlen(szerű) számokat tudjuk valahogyan előállítani. Szinte minden programozási nyelv tartalmaz ehhez megfelelő eszközöket, amelyek tipikusan valamilyen álvéletlen (pseudorandom) sorozat segítségével állítanak elő 0 és 1 közötti lebegőpontos értékeket. Hogy ezeknek a véletlen számoknak a sorozata ne legyen a program minden lefutása során azonos, általában (automatikusan vagy egy külön meghívandó utasítás hatására) a számítógép órája alapján állítanak be mindig más kezdőértéket. Az így előállított véletlen számok a kriptográfiai feladatok kivételével szinte minden más célra megfelelnek.

Sok esetben egy programozási környezetben arra is találunk eszközöket, hogy a 0 és 1 közötti számokat más véletlenszerű értékekké alakítsuk át. A Python nyelv random modulja például nem csupán két megadott egész szám közötti egész számok valamelyikét tudja véletlenszerűen előállítani (randint), hanem egy összetett

típus egy elemét (choice) vagy meghatározott számú elemét (sample) is kiválasztja véletlenszerűen, illetve többféle közismert valószínűségi eloszlás (expovariate, normalvariate, triangular, uniform, weibullvariate) valamelyikével is képes véletlen értékeket generálni.

Véletlen jellegű értékeket megpróbálhatunk előállítani úgy is, hogy azok egy adott számú változat meghatározott elemének esetében mindig azonosak legyenek. Az ilyen véletlen szám generálásra támaszkodó program alkalmas lehet arra, hogy a feladatlap sorszámból kiindulva bármikor elő tudja állítani az adott sorszámu feladat adatait azok eltárolása nélkül is.

Az ilyen feladatra jól használható egy olyan megoldás, ami egész számok listájából képez egy véletlen értéket. A lista első eleme lehet a feladatlap sorszáma, a további számok pedig feladatrészek, feladatrészekben belüli elemek vagy próbálkozások sorszámai.

Az ilyen jellegű véletlen szám generálásra megfelelő eszköz lehet, ha a lista elemeit sorszámonként más-más nem egész lebegőpontos értékekkel megszorozzuk, majd a szorzatok összegének vesszük az osztási maradékát eggyel. Szorzás helyett akár hatványozást is alkalmazhatunk. Az így kapott érték a szokásos 0 és 1 közötti véletlen jellegű szám lesz, amiből szükség esetén másmilyen véletlen értékeket is levezethetünk.

## Véletlenszerű affin transzformáció

Amikor valamilyen kiinduló térképi adatból sok eltérő adathalmazt szeretnénk generálni, akkor ehhez véletlenszerű transzformációkat célszerű alkalmazni. Az alábbiakban egy véletlenszerű affin-transzformáció paramétereinek előállítását mutatom be, ami egyben véletlenszerű Helmert vagy hasonlósági transzformáció előállítására is alkalmas lesz a bemutatott formában, amennyiben a megfelelő paramétereknek nem valamilyen véletlen számot, hanem a meghatározott konkrét értékeket adjuk meg.

Az affin transzformáció hat paramétere független egymástól, így akár egymástól függetlenül is előállíthatóak lennének véletlen számokként. A közvetlen paraméterek helyett inkább geometriailag szemléletesebb adatokat választunk, így el tudjuk érni, hogy a transzformáció által okozott bizonyos torzulások pontosan meghatározható mértékűek legyenek. Ezek a paraméterek:

- az elforgatás középpontja ( $[yC, xC]$ ) és szöge ( $\alpha$ ), ami az egyes tengelyek elfordulásának számtani közepe,
- az eltolás vektora ( $[dY, dX]$ ),
- az átlagos méretaránytényező ( $m$ ), a tengelyenkénti méretaránytényezők mértani közepe (hasonlósági transzformációnál az értéke 1),
- a tengelyenkénti méretaránytényező eltérése ( $md$ ) (Helmert-féle és hasonlósági transzformációnál az értéke 1),

- a tengelyek merőlegestől való eltérése ( $\alpha_d$ ) (Helmert-féle és hasonlósági transzformációnál az értéke 0).

Az affin transzformáció képlete a szokásos paraméterekkel és geodéziai koordinátákkal a következő:

$$Y=Y_0+ay+bx$$

$$X=X_0+cy+dx$$

A kifejezésekben a két koordináta-rendszer koordinátáit kis- illetve nagybetűkkel jelöljük. A transzformáció hat paraméterét a korábban bemutatott jellemzőkből a következő módon tudjuk számítani:

$$a = \frac{m}{\sqrt{m_d}} \cdot \cos\left(\alpha + \frac{\alpha_d}{2}\right)$$

$$b = \frac{m}{\sqrt{m_d}} \cdot \sin\left(\alpha + \frac{\alpha_d}{2}\right)$$

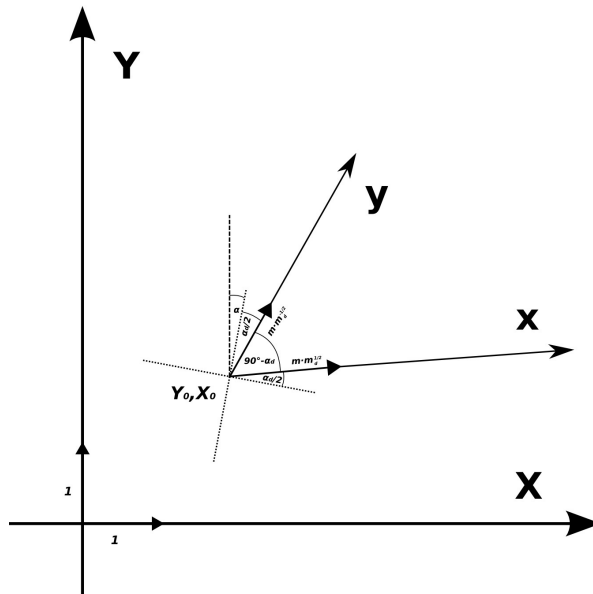
$$c = -m \cdot \sqrt{m_d} \cdot \sin\left(\alpha - \frac{\alpha_d}{2}\right)$$

$$d = m \cdot \sqrt{m_d} \cdot \cos\left(\alpha - \frac{\alpha_d}{2}\right)$$

$$Y_0=yC+dY-ayC-bxC$$

$$X_0=xC+dX-cyC-dxC$$

Az utolsó két sorban, az  $Y_0$  és  $X_0$  paraméterek kiszámításához felhasználtuk az  $a, b, c$  és  $d$  paraméterek előzőleg már kiszámított értékeit.



1. ábra Az affin transzformáció különféle paramétereinek geometriai szemléltetése

## Véletlenszerű gumilepedő transzformáció

A transzformált adatokba egy véletlen jellegű torzítást is bele tudunk vinni. Ez a gumilepedő transzformációhoz hasonló módon fogja helytől függően kisebb mértékben eltolni az egyes koordinátákat.

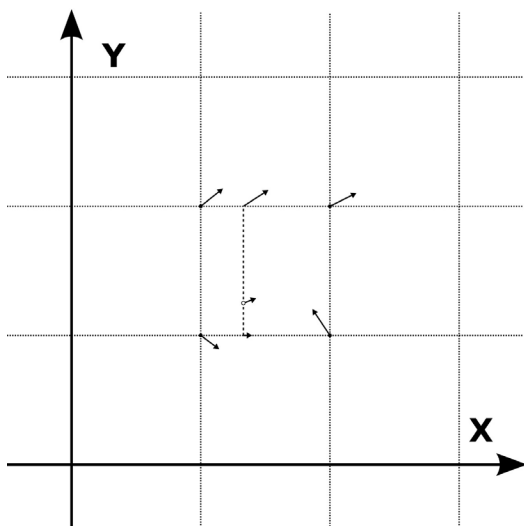
A koordináták eltolásainak a meghatározásához olyan összefüggésre van szükségünk, amellyel ugyanarra a koordinátára mindig ugyanazt az értéket kapjuk, az egymáshoz közeli pontokra pedig egymáshoz közeli értékeket ad. Ez azt jelenti, hogy a létrejövő transzformáció szakadás- és gyűrődésmentes kell hogy legyen, valamint a távolságok torzulása sem haladhat meg egy mértéket.

A fenti célra alkalmas lehet egy olyan megoldás, amikor egy meghatározott oldalhosszúságú rácsháló rácspontjaiban állítunk elő a rácspont koordinátái alapján egy véletlenszerű értéket; majd ezt követően ezeket az értékeket interpoláljuk a sík többi pontjába. Egy tetszőleges ponthoz tartozó eltolások kiszámításához ilyenkor először a környező rácspontokban kell az eltolások értékeit az adott rácspontok koordinátái alapján meghatározni; majd ezek között az értékek között például bilineáris interpolációval kaphatjuk meg az adott pontbeli értéket.

Az eltolások generálásához alkalmazott rács az igényektől függően különböző oldalhosszúságú lehet. Alkalmazhatunk több, különböző oldalhosszúságú rácsot úgy, hogy a kisebb oldalhosszúságú ráccsal kisebb eltolásokat generálunk.

## Gyakorlati alkalmazások

A fentiekben bemutatott módszereket, illetve azoknak egyéb módosított változatait a szerző által tartott kurzusok keretében a mindennapi gyakorlatban is alkalmazzák.



2. ábra A véletlenszerű gumilepedő transzformáció elvének szemléltetése

Többek között a CAD alkalmazások kurzus házi feladatainak keretében felületmodellek létrehozásának gyakorlásához minden hallgató külön-külön szöveges koordináta-állományt kap, melynek pontjait úgy állítja elő egy program, hogy egy véletlenszerűen kijelölt területen belül vízszintes koordinátáik véletlenszerűen helyezkedjen el. A magassági adatokat egy egy másodperces felbontású SRTM modell alapján interpolált értékekből kiindulva, azokhoz egy a véletlenszerű gumilepedő transzformáció eltolás vektorainál bemutatotthoz hasonlóan generált értéket hozzáadva kapjuk.

### **Továbbfejlesztési lehetőségek**

A feladatok véletlenszerű előállításán túl az elkészített munkák értékelésének automatizálása is érdekes fejlesztési lehetőségeket rejt. Ez jellemzően a javításnak csak a részleges automatizálását, a szokásos manuális értékelés támogatását jelenti.

Meghatározott objektumoknak, illetve azok egyes alakjelző pontjainak a helyzetét automatizáltan lehet ellenőrizni, így kiszűrhető, ha valaki nem a megfelelő adatokból kiindulva készítette el a feladatát, hanem egy másik, jellemzően más által készített, feladatot próbál meg beadni. Egyéb ellenőrzések automatizálására is lehetőség nyílhat, a feladat jellegétől függően.

### **Felhasznált irodalom**

- GYENES R. (2010): Geodézia, GED2 jegyzetmodul, NymE Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár,  
[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027\\_GED2/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GED2/adatok.html)
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION (2016): random — Generate pseudo-random numbers,  
<https://docs.python.org/3.0/library/random.html>
- VÉGSŐ F. (2010): Térinformatika 5. – Adatintegráció, NymE Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár,  
[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_TEI5/ch01s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_TEI5/ch01s03.html)





# Objektum detektálás LiDAR adatokból a pontsűrűség függvényében

Neuberger Hajnalka<sup>1</sup> – Juhász Attila<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., neuberger.hajnalka@epito.bme.hu

<sup>2</sup> adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., juhasz.attila@epito.bme.hu

**Abstract:** There is a persistent challenge in LiDAR data processing because of the large amounts of points. In our modern age archaeological research we also have to deal with this problem. Our research topic is military historical object and event reconstruction. We developed different filters to decrease the number of LiDAR points to support efficient data handling. Our goal is to define a resolution limit in pointcloud processing and in generating digital terrain modell, which is sufficient to achieve qualitative comparison of the filters and, besides, still enables to identify the military objects (mostly fire-trenches and anti tank trenches).

## Bevezetés

LiDAR (Light Detection and Ranging) pontfelhők esetén komoly kihívást jelent az állományok rendkívül nagy mérete. Ha egy átlagos felmérést nézünk, egy 1 km<sup>2</sup> – es területről 4 pont/m<sup>2</sup> pontsűrűség esetén is 4 millió pontot kell feldolgoznunk. Ez a pontmennyiség a kezelhetőség határát súrolja, viszont rendszerint nem csak egyetlen szelvényt kell feldolgoznunk és időnként nagyobb pontsűrűségű állományok állnak rendelkezésre. A pontfelhő feldolgozó és a térinformatikai programokban korlátozva van a feldolgozható, illetve megjeleníthető pontfelhő nagysága (általában 1-2 millió pont). Megoldás lehet a nagymennyiségű adatok kezelésére, ha a pontfelhőt feldaraboljuk kisebb részekre, vagy a vizsgálandó területekről kivágatokat készítünk. A legtöbb LiDAR nézegető és feldolgozó alkalmazás lehetőséget nyújt a pontfelhők egyszerű és szabályos ritkítására. Ekkor a pontfelhőnk méretét úgy csökkentjük, hogy megtartunk például minden 5., 10. stb. pontot. A cikkünkben igyekszünk ezt az egyszerű megoldást kiváltani adaptív szűrők használatával. Célunk, hogy olyan eljárást dolgozzunk ki, mely segítségével tetszőleges pontfelhőn lövész- és harckocsi árkokat hatékonyan tudunk detektálni, majd csupán a detektált árkokat vizsgálni. Ennek megfelelően az árkok területén nagyméretarányú, míg a körülötte lévő terepről topográfiai méretarányú modellezésre alkalmas pontsűrűséget megtartani. Első megoldásként területegységenként azonos számú, de lehetőleg a legjellegzetesebb pontokat megtartva modellezzük a terepet. A második megközelítésben a számunkra fontosabb területeken igyekszünk minél nagyobb pontsűrűséget megtartani, viszont az érdektelen területeken a pontsűrűséget a terep modellezéséhez feltétlenül szükséges mennyiségre csökkenteni.



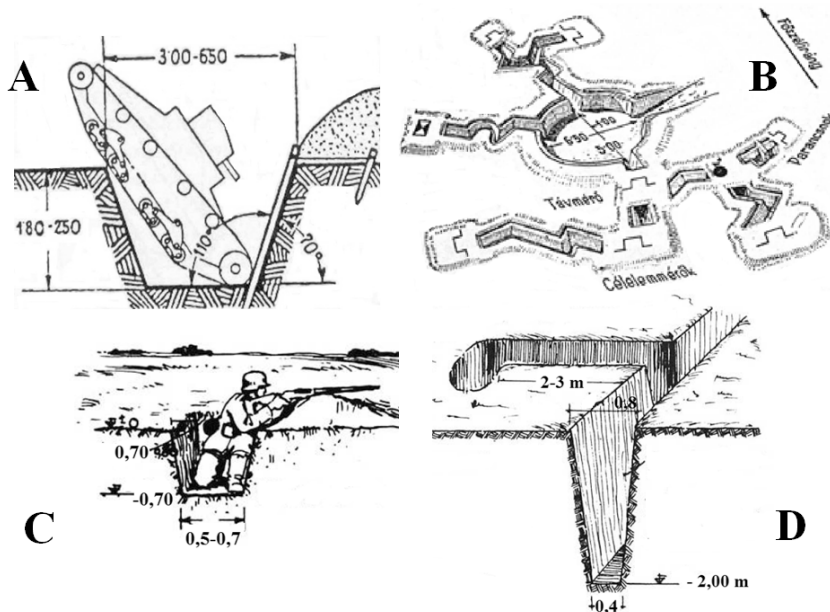
*1. ábra A mintaterületen lévő lövészárkok*

## **A felhasznált adatok**

A Bükki Nemzeti Park Igazgatósága jóvoltából kaptunk LiDAR állományokat a Miskolctól délkeletre elhelyezkedő Kisgyőr térségéről. A mintaterület a településtől délkeletre fekvő erdős rész. A LiDAR felvételeken vélhetően II. világháborús árkokat fedeztek fel. A pontfelhő rendkívül sűrű,  $\sim 32$  pont/ $m^2$  a teljes állományra, míg talajpont leválogatás után  $\sim 18$  pont/ $m^2$ . A feldolgozás során a talajpont leválogató algoritmust külön nem vizsgáltuk, a domborzatmodell előállításához lasground alkalmazást használtuk erdős területet feltételezve. Az általunk kiválasztott árok területéről 9623  $m^2$ -es kivágatot készítettünk, amelyre összesen 187 786 talajpont esett. Minden elemzést ezen a mintaterületen végeztünk (1. ábra).

## **XX. századi erődítési elemek, a kutatott objektumok**

Kutatási területünk, a modernkori régészet részeként, a védelmi rendszerek rekonstrukciója. Ebben a fejezetben röviden áttekintjük azokat a védelmi objektumokat, amelyekkel találkozhatunk. Ezt azért tartjuk fontosnak, mert a pontfelhő csökkentése nem történhet az objektumok felismerhetőségének és azonosíthatóságának kárára. A XX. századi háborúk során alkalmazott tábori jellegű katonai objektumokat két nagy csoportba sorolhatjuk: a vonalas geometriával rendelkező árkok (harckocsi-, és lövészárkok) és a pontszerű állások (légvédelmi-, tüzérségi-, stb. állás). Az objektumok főbb méretei viszonylag tág határok között mozognak az építésük időpontjától, a rendelkezésre álló időtől és a topográfiai és környezeti elemektől függően. A harckocsiárkok jellemzően több méteres szélességgel és mélységgel rendelkeznek, az állások vízszintes értelemben szintén, de a mélységük már nem annyira jelentős; a lövészárkok mélysége és szélessége 1 méter körül mozog. A mintaterületünkön lévő árok a háború után használt lőtér része, ezért kissé nagyobb (3 m széles, 0,8 m mély) méretekkal rendelkezik. A felsorolt méretek egyértelműen lehetővé teszik a légi lézerszkennelt adatok felhasználását az objektumok felderítésében, hiszen a felmérésekre általában legalább 3-4 pont/ $m^2$  pontsűrűség és 10–15 cm körüli magassági pontosság a jellemző (LOVAS T. ET AL. 2012). Igaz ez még akkor is, ha tudjuk, hogy a háborúban használt árkok, állások hol mesterségesen, hol természetes úton többé-kevésbé feltöltődtek az idők során. A 2. ábrán néhány jellemző erődítési elem képét mutatjuk be korabeli erődítési utasításokból. Természetesen még a lézerszkennerek által produkált nagyon nagy mennyiségű pont sem alkalmas arra, hogy az árkok, állások kulcspontjait (pl. részsünpontok) direkt módon mérhessük, hiszen nincs garancia arra, hogy egyes



2. ábra Néhány erősítési elem (A: harckocsi árok, B: légvédelmi állás, C: lövészgödör, D: lövészárók) [www.bunkermuzeum.hu](http://www.bunkermuzeum.hu)

pontok ezekre a helyekre esnek. Megjegyezzük, hogy tapasztalataink szerint a helyszíni mérések sem vezetnek sokkal jobb eredményre, hiszen a földművek sokszor nagymértékben errodálódtak, rombolódtak, így a terepen sem könnyű eldönteni, hogy éppen hol helyezkednek el az árkok kulcspontjai.

### Az alkalmazott eljárások

A nyers pontfelhő méretének csökkentését a korábban említetteknek megfelelően nem egy szabályos ritkítással, hanem az egyes pontok meghatározott környezetét vizsgálva hajtánánk végre; így törekedve arra, hogy megmaradjanak a terep és a keresendő objektumok kulcspontjai. Kétféle keresési eljárást próbáltunk egy pont egységnyi környezetének meghatározására: szekvenciális keresési kört és rácsalapú pontfelhő indexelést. Mindkét esetben a kiinduló méretet  $1 \text{ m}^2$ -ben határoztuk meg. Ennek több oka is van:

- Általában az LIDAR állományok átlagos pontsűrűségét négyzetméterre vetítve adjuk meg.
- A keresési kör sugarának vagy a rács oldalhossz felének kisebbnek kell lennie az árok szélességénél. A mintaterületünkön lévő árkok mérete akár kisebb felbontást is lehetővé tette, de a gyakorlatban a világháborús árokmaradványok keskenyebbek, ezért az  $1 \text{ m}^2$  indokolt.
- A felbontás növelésének az átlagos ponttávolság és a futási idő szab határt. Ezeknek a kritériumoknak is megfelel az  $1 \text{ m}^2$ ; a futási idő már ebben az

esetben is 20 percre adódott, amit nem szerettünk volna tovább növelni.

A pontfelhőnk csökkentésére három különböző algoritmust próbáltunk ki. Elsőként 1 m<sup>2</sup>-es körzetben csak azokat a pontokat tartottuk meg, amelyek magassága egy bizonyos küszöbértéknél nagyobb mértékben eltér a leválogatott rész első pontjától (*Algoritmus:THn*). Ezzel kitöröltük a pontfelhőből azokat a pontokat, amik az adott környezetben nem mutatnak nagy magassági eltérést, így nem hordoznak plusz információt. Ezt az eljárást elvégeztük különböző küszöbértékekkel, mind a kereső kör, mind rács alapú indexelés használatával. Mivel csak a magassági küszöböt adtuk meg paraméterként és nem szabályoztuk más módon a pontmennyiséget, a módszer rendkívül jó indikátor a két keresési eljárás összehasonlítására is. A magassági küszöb növelésével a pontfelhőnk egyre csökken, és végül csak a magasságilag kiugróan eltérő pontok maradnak meg. Azonban mindkét esetben van egy minimális pontmennyiség, ami alá még nagyon nagy magassági küszöb esetén sem csökkenhet a pontmennyiség. Ennek oka, hogy az algoritmus minden esetben megtartja legalább azt a pontot, amihez képest az elemzést végzi, elkerülve ezzel, hogy a pontfelhőt megsemmisítsük. Kereső kör alkalmazása esetén a pontfelhőnket nem tudjuk a tényleges terület és a keresési kör területének hányadosa alá csökkenteni (esetünkben ez 9623 pont), rács alapú indexelés során pedig a rácsok száma alá (esetünkben ez 12778).

Habár a rácsok 1 m<sup>2</sup> területűek, a mintaterület szélein gyakori, hogy a szabályos elrendezés miatt egyes rácsokba csak egy pont kerül, megnövelve a rácsszámot. Az *1. táblázatban* bemutatjuk a magassági küszöb és a megmaradt pontmennyiségek kapcsolatát, majd megvizsgáljuk, hogy milyen léptékű szabályos ritkítással érhetjük el közelítőleg ugyanezeket a pontmennyiségeket.

Második elgondolásunk az volt, hogy ne adott pontokhoz képest vizsgáljuk a magassági eltéréseket, hanem a terület átlagos magasságához (*Algoritmus:ÁTL*). Kiszámoltuk az átlagmagasságtól való eltérések abszolút értékeinek átlagát, majd azokat a pontokat tartottuk meg, amelyek eltérése ennél az átlagnál nagyobb. Keresési kör alkalmazása esetén a pontfelhő a hatodára, míg rácsok használatával a felére

*1. táblázat A megmaradt pontmennyiségek a magassági küszöbök függvényében (az eredeti pontmennyiség 187786 volt)*

Magassági küszöb (m)	Keresési kör (pontoszám)	Ekvivalens szabályos ritkítás léptéke	Rács alapú indexelés (pontoszám)	Ekvivalens szabályos ritkítás léptéke
0,1	34091	5	68778	2
0,2	26277	7	26276	7
0,3	18795	9	16875	11
0,4	18539	10	14209	13
0,5	18707	10	13288	14

2. táblázat A megmaradt pontmennyiségek a vizsgálatonként megszabott pontszám függvényében függvényében (az eredeti pontmennyiség 187786 volt)

Megtartandó pontok száma ter. egységenként	Keresési kör (pontszám)	Ekvivalens szabályos ritkítás léptéke	Rács alapú indexelés (pontszám)	Ekvivalens szabályos ritkítás léptéke
4	16882	11	17793	10
3	14825	12	16808	11
2	13460	13	16426	11
1	12779	14	12778	14

csökkent.

A következő algoritmusok meghatározott pontmennyiséget tartanak meg az adott keresési környezetekben. Eredményként „n” darab, az átlagos magasságkülönbségtől legjobban eltérő pontokat tartanak meg (Algoritmus:MAXn). Ez azonban nem jelenti azt, hogy a keresési területenként 4 pont megtartása négyszer akkora pontmennyiséget jelent, mint a területenkénti 1 pont. Ennek magyarázata az, hogy vannak olyan egységnyi környezetek, ahol eredendően kevesebb pont van, mint amennyit meg akarunk tartani. Ilyenkor ezeket automatikusan meghagytuk. A területegységenként megtartandó pontok számát, a megmaradt pontmennyiségeket és a közelítő szabályos ritkítás léptéket a 2. táblázatban mutatjuk be.

### Az eredmények és az eljárások minősítése

Mivel a légi lézerszkennelés már többéves múltra tekint vissza, ezért a szakirodalomban számos példát találni arra, hogy különböző, egyéb távérzékelési eljárásokkal vetik össze minőségi szempontból a szkennelt pontfelhőket. Az egyik lehetséges eljárás esetén a felmért terület topográfiai és növényzetborítottsági szempontból jellegzetes részeiről mintaprofilokat generálhatunk és azok összehasonlításából vonhatjuk le a következtetéseinket (MOUGINIS-MARK ET AL. 2005). A vizsgálatot a harmadik dimenzióra is kiterjesztve, elemezhetjük az egyes felmérési eljárások adataiból generált domborzatmodellek közötti különbségeket. Ez gyakorlatilag térfogatszámítást és térfogatkülönbségek számítását, valamint elemzését jelenti (C. H. GROHMANN ET AL. 2011). Ez utóbbi módszert választottuk ki a minősítési eljárásunk alapjául. A mi esetünkben a különböző újrámintavételezési és szűrési eljárások eredményeképpen előállt pontfelhőkből generált terepmodelleket (DTM) kell összevetnünk az eredeti, nagy pontsűrűséggel rendelkező felmérésből származó terepmodellel. Azaz a minősítés lényege, hogy az egyes ritkított pontfelhőkből képzett modellek mennyire jól közelítik az eredeti adatokból levezetett modellt. Így tehát közvetett módon magukat a szűrési eljárásokat tudjuk minősíteni. Azzal természetesen tisztában kell lennünk, hogy a kapott eredmények alapvetően felmérés-specifikusak, azaz csak a konkrét adathalmazra érvényesek, de a kidolgozott módszer bizonyos feltételek mellett rutinszerűen alkalmazható más adatokra is.

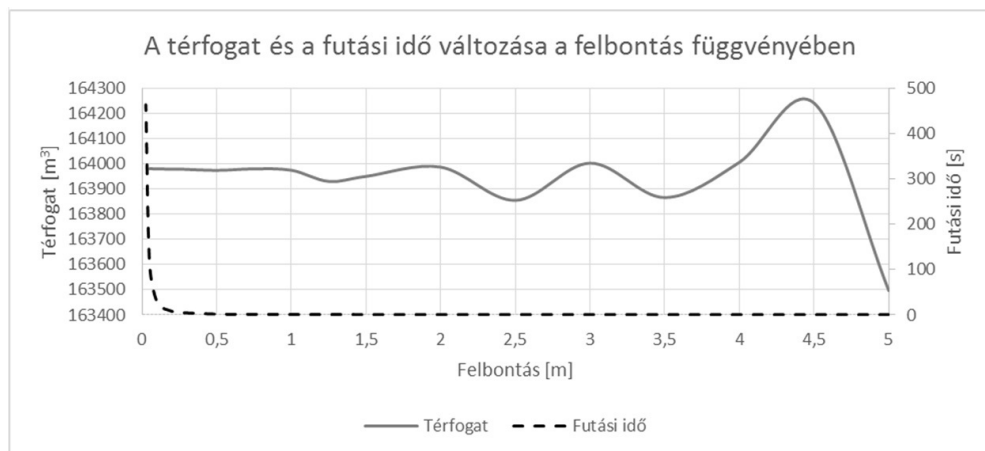
Ahhoz, hogy a minősítés megfelelő megbízhatóságú eredményt biztosítson, több fontos tényezőt és körülményt kell tisztáznunk:

- A pontfelhőkből generált terepmodellek vízszintes értelmű felbontásának azonosnak kell lennie, különben félrevezető adatokat kapunk.
- Az eredeti és a levezetett pontfelhőnek azonos területi kiterjedéssel kell rendelkeznie. Pontosabban: az összehasonlítandó rácshálóknak egybevágónak kell lennie.

Az első feltétel kapcsán felmerülhet a kérdés, hogy hol van az a határérték a felbontás tekintetében, ahol a vizsgált földművek méreteinek figyelembevételével és egy adott térfogateltérési határ alatt maradv, megfelelő biztonsággal elvégezhetjük a DTM-ek összehasonlítását. Számítási kapacitás és idő szempontjából igen hasznos egy ilyen felbontási küszöbérték definiálása. A saját adatainkból kiindulva végrehajtottuk ezt a vizsgálatot.

Elsőként az alapadatokból különböző felbontású raszteres terepmodelleket állítottunk elő lineráis interpolációval. Ezek alapján egyszerű szemrevételezéssel meghatároztuk azt a legkisebb felbontási értéket, amelyben még egyértelműen azonosíthatók a lövészárkok. Ez az érték 2 méter volt. Ezután a raszterméretet egészen 2,5 centiméterig csökkentettük és vizsgáltuk a futási időket, illetve egy referencia síkhoz képest a térfogatokat. A referencia sík magasságának a legalacsonyabb abszolút magasságú pont lefelé egész számra kerekített értékét vettük, minimalizálva ezzel a térfogat számértékét ugyanakkor elkerülve a negatív magasságkülönbségeket. A vizsgálatok kimutatták (3. ábra), hogy az 1 m<sup>2</sup>-es modellfelbontás tökéletesen megfelel az elemzések elvégzéséhez, mivel ekkor a térfogat kevesebb, mint egy százalékban tér el a 2,5 centiméteres felbontású modell térfogatához képest. Tehát értelmetlen ennél jobb felbontást alkalmazni, főleg mivel a futási idő ugrásszerűen megnő.

A szűrő algoritmusainkat tehát az eredeti pontokból előállított 1 m-es raszterméretű modellhez viszonyítottuk. A minősítést kétféle, a korábban idézett



3. ábra A térfogatok és a futási idők változása az eredeti adatokból kiindulva



publikációban közölttől (C. H. GROHMANN ET AL. 2011) eltérő, de azzal ekvivalens módszerre végeztük el. Számunkra a legfontosabb mutató az abszolút térfogat különbség  $|\Delta V|$ , amely úgy állt elő, hogy az egyes raszterelemek különbségeinek abszolútértékéből számítottunk térfogatot a raszterméret felhasználásával. A mikrodomborzat vizsgálatának szükségessége is indokolja az abszolút értékek használatát a valós különbségekkel szemben, utóbbiak lehetséges kiegyenlítődése miatt.

Az egyes szűrési eljárások korrekt minősítéséhez megközelítőleg azonos pontszámokkal kell dolgozni. Ezért is közöltük a korábbi táblázatokban a megfelelő szabályos ritkítási léptékeket. Ezen kívül közel véletlenszerűen kiválasztott pontokból levezetett modellel is elvégeztük az összehasonlítást. Egyenletes eloszlással és a saját algoritmussal szűrt pontokkal azonos számú pontot előállítva a Matlab random szám generátorával.

Elmondhatjuk, hogy a saját algoritmusokkal szűrt pontokból képzett modellek esetében mindig jobb eredményt kaptunk az abszolút térfogatkülönbségekre  $|\Delta V|$ , mintha szabályosan szűrtük volna le a pontfelhőt vagy véletlenszerűen tartottunk volna meg pontokat. A valós térfogatkülönbségek esetén azonban sok esetben rosszabb eredményt kapunk, ugyanis a valós térfogatkülönbség relatív alacsony értékei úgy is előállhatnak, hogy az egyes helyeken előforduló nagyobb pozitív, illetve negatív értékű eltérések kiegyenlítik egymást. Azaz, az alacsony valós eltérések mögött viszonylag nagy magassági eltérések lehetnek az összevetett modellek között. Mivel a fő célunk az árkok detektálása és minél realisztikusabb modellezése, ezért az abszolút térfogateltéréseket kell elsődlegesen felhasználnunk a minősítés során.

Az alábbiakban tömören ismertetjük az egyes algoritmusok minősítésének eredményeit:

- A legjobb abszolút térfogateltérés  $|\Delta V|$  értékekkel a *THn* nevű algoritmus rendelkezik, abban az esetben, amikor rács alapú indexelést használunk. A legjobb eredményt  $n=0,4$  méteres küszöb esetén kaptuk, ahol a  $|\Delta V|$  37,6 %-kal jobb, mint a szabályosan ritkított (minden 13. pont meghagyása) közel azonos pontmennyiségű modellnél  $|\Delta V_{reg13}|$ . A véletlenszerűen ritkított pontfelhőből generált modellhez  $|\Delta V_{rnd}|$  képest pedig 38,7 %-kal értünk el jobb eredményt.
- Az ÁTL algoritmus is jobb  $|\Delta V|$  eredmények szolgáltat, mint a  $|\Delta V_{reg}|$  és  $|\Delta V_{rnd}|$ . Viszont nem csökkenti kellő mértékben a pontfelhő méretét.
- A *MAXn* algoritmus  $|\Delta V|$  értékei kis mértékben rosszabbak a *THn* algoritmushoz képest, viszont itt a valós térfogateltérések jobbak.

## További tervek

Az algoritmusok további optimalizálása elengedhetetlen, mivel jelenleg nagyon sok erőforrást pazarol a pontfelhő teljes egészének kezelése, ami nem is indokolt. Ha egy pont környezetét vizsgáljuk, akkor nincs szükség arra, hogy a feldolgozó függvények a teljes pontfelhő mátrixát kezeljék, elég lenne kisebbet is,



ezzel nagymértékben gyorsíthatók lennének az algoritmusok. További pontsűrűség csökkentő eljárásokat szeretnénk kidolgozni és tesztelni, illetve vizsgálni ezek kombinációit. Később szeretnénk áttérni C++ nyelvre, elszakadni a Matlab mátrixkezelő környezetétől, gyorsítva ezzel a feldolgozást és saját önálló feldolgozó szoftver készíteni.

## **Felhasznált irodalom**

- C. H. GROHMANN–A.O. SAWAKUCHI–V.R. MENDES (2011): Cell size influence on DEM volume calculation, *Geomorphometry 2011*, Redlands, pp. 63–66.  
<http://www.geomorphometry.org/system/files/Grohmann2011geomorphometry.pdf>
- LOVAS T.–BERÉNYI A.–BARSÍ Á. (2012): Lézerszkennelés, Budapest, TERC, p. 165.
- P. J. MOUGINIS–MARK, H. GARBEIL (2005): Quality of TOPSAR topographic data for volcanology studies at Kilauea Volcano, Hawaii: An assessment using air-borne lidar data, *Remote sensing of environment* 96(2), Hawaii, pp. 149–164.  
[https://www.researchgate.net/publication/222297300\\_Quality\\_of\\_TOPSAR\\_topographic\\_data\\_for\\_volcanology\\_studies\\_at\\_Kilauea\\_Volcano\\_Hawaii\\_An\\_assessment\\_using\\_airborne\\_lidar\\_data](https://www.researchgate.net/publication/222297300_Quality_of_TOPSAR_topographic_data_for_volcanology_studies_at_Kilauea_Volcano_Hawaii_An_assessment_using_airborne_lidar_data)

# **Geomorphology and pollution: the environmental impacts of the copper mining deposits (Dzhezkazgan, Central Kazakhstan)**

Ormanova Gulden

Department of Surveying and Remote Sensing, University of West Hungary, gulden\_09@mail.ru

**Abstract:** In recent years in communication by copper mining production in the territory of the Dzhezkazgan there was rather difficult geomorphological-ecological situation. The complex of works on production of leads to change of geological, geomorphological, hydrological, hydrogeological and weather conditions in areas of production and border lands. Dredging and accumulation of mountain masses represents change of geological and geomorphological conditions. The comparative assessment of geomorphological environment disturbances was built on identification of all kinds of relief disturbances, including technogeneous forms (including buildings and engineering structures).

## **Introduction**

Dzhezkazgan is one of the regions of the country that is experiencing strong anthropogenic pressing. High rates of developing mineral raw materials, fuel and energy agricultural resources have led to emergence of major ecological-geomorphological problems. The territory of the copper mining area Dzhezkazgan represents extremely unfavorable natural conditions, but has significant resources of solid minerals, most of which is being developed. The latter resulted in the fact that in large areas in copper mining area substantial transformation of environment components occurs: natural terrain and terrain-forming processes, soil and vegetation, pollution of water and air and geosystems in general. Open pit mining leads to development of a number of dangerous geomorphic processes - linear and planar erosion, landslides, avalanches, deflation, etc., manifested on the sides and bottoms of the pits on the surface of the overburden dumps works. In addition, excavation and accumulation of huge masses of rocks accompanied by the appearance of large areas of newly formed soil without topsoil and vegetation cover that completely changes the natural conditions exomorphodynamics.

## **Materials and methods**

The work was performed based on the use of comparative morphological and cartographic analysis, system terrain analysis and study of data from field observations, analysis of topographic (geological and geomorphological) and geographic maps with medium scale – 1:500 000 and 1:100 000 from different years of publication , materials of stock reports and statistical data of a sociological survey. Materials of mining deposit reports were the basis for identifying key areas and the scope of field work.

# Geological overview of the study area

Copper production has a leading position in the non-ferrous metallurgy in Kazakhstan. Its proven reserves are estimated at 6% of the World or 37 million tons. According to this index the Kazakhstan occupies 4th position after Chile, Indonesia and the United States. On the territory of the Republic of Kazakhstan more than 90 explored deposits of copper. The main volumes of balance reserves are concentrated in the Central Kazakhstan (Dzhezkazgan).

The Dzhezkazgan sandstone Cu deposit consists of strata-bound Cu mineralization in a Pennsylvanian fluvial sandstone sequence near the northern margin of the middle and late Paleozoic Chu-Sarysu basin in Central Kazakhstan (Figure 1). The deposit has been known and mined intermittently since at least 1500 BC (ANTHONY, 2009). Development of the modern mine complex began under British ownership in 1909. The Soviets took over the operation in 1926 and the very large size of the deposit was gradually realized. During World War II, a Soviet gulag was established at Dzhezkazgan to provide forced labor for working this critical resource. With the collapse of the Soviet Union, the state-owned enterprise was gradually reorganized between 1992 and 2002 as a public shareholder company. This entity evolved into its current form in 2005 as the publicly held Kazakhmys PLC (BOX ET AL. 2012).

Several similar but smaller Cu deposits occur within the northern Chu-Sarysu basin near the Dzhezkazgan deposit. All are presently owned by Kazakhmys PLC,

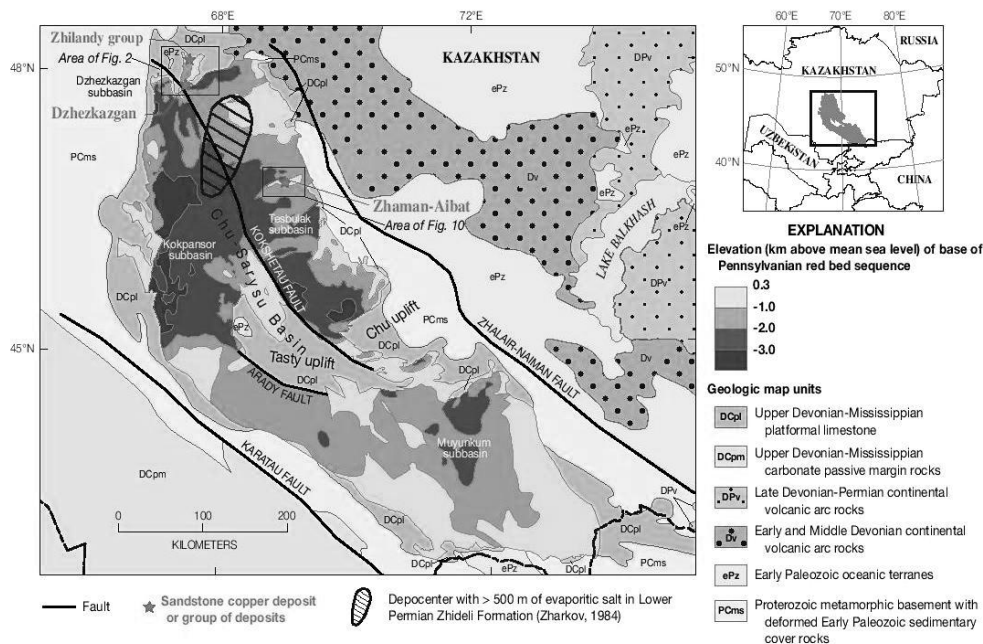
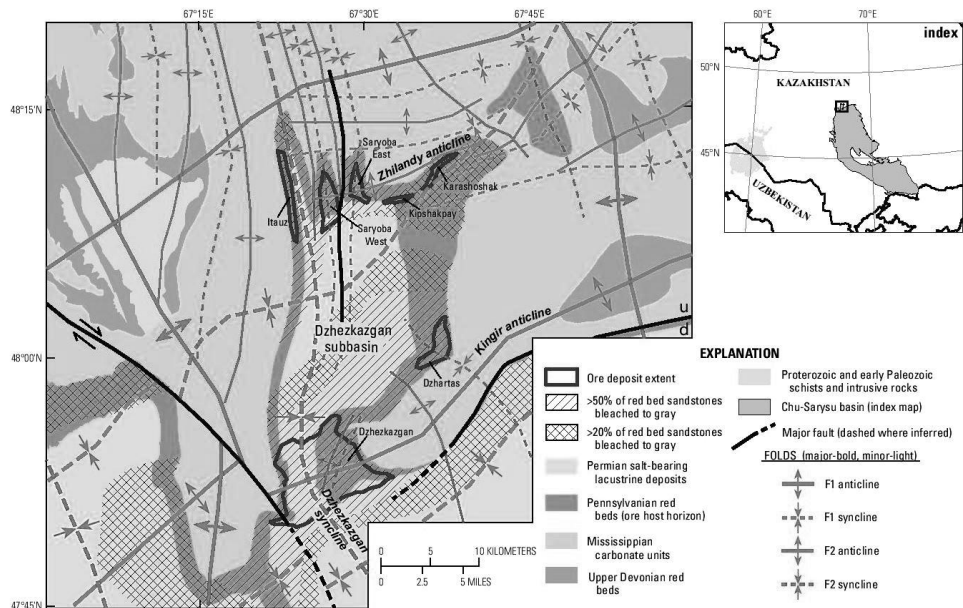


Figure 1. Geological map of the region

and exploration, development, and production activities either have occurred or are still ongoing at all of them (information on mining and beneficiation of these deposits can be found on the Kazakhmys website: [www.kazakhmys.com](http://www.kazakhmys.com)). The Zhilandy group of deposits (Itauz, West and East Saryoba, Kipshakpay, and Karashoshak) are arrayed along a 15-km-long, east-northeast trend about 25 km north of the Dzhezkazgan deposit (*Figure 1, 2*). The Zhaman-Aibat deposit, located about 160 km to the southeast (*Figure 1*), was discovered in the 1980s and began production in 2006. Other prospective areas are known else-where within the Chu-Sarysu basin (BOX ET AL. 2012).

*Figure 1* shows the geologic map of the region surrounding the Chu-Sarysu basin in Central Kazakhstan (modified from WINDLEY ET AL. 2007) with Pennsylvanian and younger rocks removed. Within the basin area, defined by the subsurface presence of Pennsylvanian strata, structure contour intervals are shown on the base of Pennsylvanian strata (generalized from SYUSYURA ET AL. 2010; subbasins from SINITSYN, 1991). Small isolated areas of Pennsylvanian strata outside the contiguous Chu-Sarysu basin are not shown. Locations of Dzhezkazgan and Zhaman-Aibat deposits and Zhilandy group of deposits given by red stars (BOX ET AL. 2012).

Descriptive time-stratigraphic units are identified in explanation. Fold trends separated into an early, E-NE-trending set ( $F_1$ ) and a later northerly set ( $F_2$ ). Areas of bleached sandstone beds (20 and 50% of section, respectively) within the Pennsylvanian red-bed sequence are shown by different cross-hatched patterns. Southern bleached area tracks the E-NE-trending Kingir anticline, while the northern



*Figure 2. Geologic map, fold axial traces, and outlines of ore deposits within the Dzhezkazgan subbasin of the Chu-Sarysu basin*

area approximately tracks the Zhilandy anticline. The giant Dzhezkazgan and small Dzhartas sandstone Cu deposits are aligned along the southern bleached trend, and the Zhilandy group of deposits (from west to east, Itauz, Saryoba West, Saryoba East, Kipshakpay, and Karashoshak) are arrayed within the northern bleached trend. Note the apparent localization of most of the deposits (except Kipshakpay, Karashoshak) at the intersection of  $F_2$  anticlines with  $F_1$  anticlines within the zones of sandstone bleaching (BOX ET AL. 2012).

## Results

Mining activities, directly affecting minerals primarily associated with the formation of artificial voids in underground excavation of solid minerals, or with the effects of high groundwater abstraction or gaseous filling of voids, pre-existing in earth crust. Recent hydraulically interconnected in certain layers of the structure and lithology, so at any time can be filled up to the restoration of its original state (BAYMYRZAYEV K.M. 2000). However, the current pace of ores, extraction of groundwater resources in their intensity is very high.

Since the territory of Dzhezkazgan located in the area of surface water deficit, the drinking and household needs are satisfied primarily by groundwater. As a result, begin to dominate the fast descent of significant parts of the upper part of the lithosphere due to the gravitational compression fracture systems and then in terrestrial masses. These phenomena are frequent in Dzhezkazgan copper mining area (*Figure 3*). They are especially dangerous for the communities located near or above the underground mining workings.

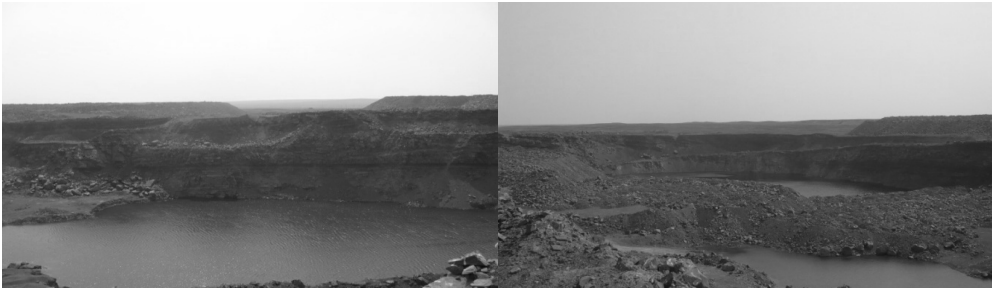
The foregoing suggests that the extraction of ore and underground waters of one of the main problems is to maintain the initial pressure in the reservoirs by filling the voids with waste rock ore extraction or injection of waste water with groundwater abstraction. It helps to maximize the extraction of the necessary minerals and maintain a steady state of certain portions of the earth's crust (KARATOGAEV M.N.–ALPYSBAYEV, K.A. 2001).

Serious ecological and geomorphological task of recent years is the formation of technogenic horizons and groundwater flooding areas in cities and industrial complexes near the mining complex. In connection with the implementation of large hydro stations (construction of reservoirs, water pumping wells) and water projects



*Figure 3. The failures above mine voids near the Dzhezkazgan copper mining area*





*Figure 4. Groundwater flooding career in 8-10 km from the mining area Dzhezkazgan*

over vast areas occur regional changes in the character of geodynamic processes and, accordingly, in the character of the natural environment. A frequent occurrence during quarrying ore quarry is flooded due to changes in circulation and of rise of groundwater, which is often the cause of flooding and waterlogging of adjacent land located below the quarry (*Figure 4*).

Characteristics of the study are manifested in the territory of relief formation processes - natural and natural-anthropogenic (or human-caused) with their corresponding basic forms of relief is provided in tabular form. Classes are divided to the types: process failure and accumulation processes, each of which is characterized by its dynamics and manifestations of nature and spatial distribution (POPOV, ET AL. 1997). In addition, due to complexity of development of the region in the context of the natural resource base, associated types of nature management or types of anthropogenic production are being developed with associated types of land transformation and the degree of broken condition of geomorphological environment (*Table 1*).

Formation of depression funnels was caused by mines, area of which reaches hundreds of square kilometers. With increasing depth and area of mining the depression funnel grows and water quality is simultaneously deteriorated. So, in the early years of Zhezkazgan mine development, at mining depth of up to 100 m, mine water was fresh and slightly salty and had hydrocarbon-and bicarbonate-sulfate composition. As the deposit development lowered to 200–300 m, the active water exchange area began to receive sulfate-chloride water with high content of minerals about 2.5–3.5 g/l. After uncovering tectonic disturbance areas (300–400 m) in course of mining, chloride water appeared with quantity of dry residue about 10–15 g/l (SAGINOV, A.S. 1995). At the same time mine water often contain considerable amount of harmful micro-elements, such as lead, zinc, copper, iron, mercury, arsenic, etc., which make them unsuitable for use. Similar deteriorations are observed on plots adjacent to the roadway, from which rock is taken for road construction, creating new micro-landscape in separate sections of the roadway in relation to excavations and making embankments, making dikes, etc. Elimination of grass cover and shrubs in connection with preparatory work on the road and development of reserves has a particularly negative influence in the copper mining areas with unfavorable geographical conditions – dry steppes, semi-deserts and deserts.

Table 1. Types of use of the nature and degree of disturbance of the geomorphological environment

Types of use of nature	Subtypes of use of nature	Types of conversion lands	Disturbance of the geomorphological environment		
			weak	average	strong
Mining	Mining (mining and milling of ores)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Career</li> <li>- Underground production</li> <li>- Blades</li> <li>- Tailing</li> </ul>	+	+	+
	Mining	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manufacturing enterprises industry</li> <li>- Enterprises processing industry</li> </ul>		+	+
	Hydraulic engineering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reservoirs, including storage of household and commercial waste</li> <li>- Channel</li> </ul>		+	
Urban-residential	Urban	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Large urban agglomerations</li> <li>- Cities</li> </ul>		+	+
	Rural settlement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Townships</li> <li>- Agriculture type</li> <li>- Objects recreation</li> </ul>		+	
Agricultural	Agrotechnical	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rainfed agriculture</li> <li>- Irrigated agriculture</li> </ul>		+	+
	Pasture	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pastures</li> </ul>			
Transport - communication	Transportation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roads Railways</li> <li>- Roads</li> </ul>			+
	Communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Power lines</li> <li>- Products Pipeline</li> </ul>	+		
Military, scientific and strategic	Ground	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Test sites</li> </ul>			+
	Rocket space	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cosmodrome</li> </ul>			+

## Conclusion

Thus, operation of mining companies in Dzhezkazgan copper mining causes intensive groundwater depletion under the influence of the powerful mine drainage effect. This, in turn, affects depletion of vegetation species composition, deterioration of soil cover, leads to increased wind and water erosion. Changes in environment components are directly manifested by direct deterioration of terrain and activation of natural and anthropogenic processes, including development of gravitational and erosional processes on slopes of quarries and various dumps. Furthermore, indirect impact is also observed of mining on the nature and intensity of the terrain-forming processes through changes in structural components of geosystems (through air pollution, pollution and increasing aggressiveness of surface, ground and underground water, changing soil structure and transformation of the species composition of vegetation).



## References

- BAYMYRZAYEV, K.M. (2000): Natural and resource potential in Central Kazakhstan and problems of its rational development. Almaty: Kazakh University, pp. 268.
- BOX, S.E.–SYUSYURA, B.–HAYES, T.S.–TAYLOR, C.D.–ZIENTEK, M.L.–HITZMAN, M.W.–SELTMAN, R.–CHECHETKIN, V.–DOLGOPLOVA, A.–COSSETTE, P.M.–WALLIS, J.C. (2012): Sandstone copper assessment of the Chu-Sarysu basin, Central Kazakhstan: Chap. E of Zientek, M.L.–Hammarstrom, J.M.–Johnson, K.M. (eds.): Global mineral resource assessment: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5090B, p. 63. and GIS data
- KARATOGAEV M.N.–ALPYSBAYES, K.A. (2001): Studying the problem of maintaining working excavation with complex geological conditions of Zhezkazgan deposit. Herald of Zhezkazgan University after named O.A. Baikonurov, Zheskazgan, pp. 192–194.
- POPOV, I.I.–F.K. NIZAMBETDINOV–R.P. OKATOV–DOLGONOSOV V.N. (1997): Natural and technogeneous governance of terrace stability and quarry sides. Almaty: „Gylym”, p. 216.
- SAGINOV, A.S. (1995): Problems of developing mineral deposits, Almaty: „KarGU Publishing house”, p. 185.



# Az eKÖZIG Zrt. és a folyamatosan változó térinformatika

Pajna Sándor<sup>1</sup> – Pázmányi Sándor<sup>2</sup>

<sup>1</sup> v.igazgató, eKÖZIG Regionális Informatikai Szolgáltató Központ Zrt. sandor.pajna@ekozig.hu

<sup>2</sup> v.igazgató-h, eKÖZIG Regionális Informatikai Szolgáltató Központ Zrt. sandor.pazmanyi@ekozig.hu

**Abstract:** eKÖZIG Plc. was founded to tackle various complex issues, primarily development and operation of IT systems for public administration and to complete any related work and process optimization task and consultancy. The IT model developed by our experts has become a generally accepted tool and our technologies have always been based on cutting edge knowledge. We endeavor, in line with our clients' core activities, to simplify and standardize any activity by consistently integrating the means of infocommunication and the users' special processes and, as a result, to reduce the costs and lead time and to improve safety and quality of our services. Using this approach considered a unique tool in agriculture and public administration, the benefits offered by infocommunication technologies can be expanded by harnessing savings achievable in work organization, management and legal processes. This can ensure accessibility and sustainability of the systems also for the smallest organizations. Basic principles of our system development: our systems cover everything from the traditional database and document handling through comprehensive GIS systems to the latest innovations in workflow solutions, always adjusted to the client's demand and the tasks.

## Bevezetés

Az eKÖZIG Zrt. különböző, összetett, elsősorban közigazgatási és agrár-informatikai rendszerek fejlesztésére, üzemeltetésére, munka- és folyamatszervezésére alakult. A cég szakemberei által kidolgozott informatikai modell mára már általánosan elfogadottá vált.

Célunk az infokommunikációt és a felhasználók szakmai folyamatait integrálva egyszerűsíteni, szabványosítani a tevékenységet, ezáltal csökkenteni a költségeket, átfutási időket, valamint javítani a szolgáltatás minőségét. Ezzel a mezőgazdaságban és közigazgatásban jelenleg egyedülálló közelítéssel lehetővé válik az infokommunikációs technológiák kiaknázása. Eszközeink és szakembereink segítségével lebonyolítottak országgyűlési választásokat, létrehoztak kormányportálokat és több mint 2000 település használja rendszereinket.

## Anyag és módszer

A cég szakemberei az informatika területén több, mint 20 éves szakmai tapasztalattal rendelkeznek. A kisvállalkozás szakmai háttérének szerves részét képezi az ASP szerverkörnyezet és az auditált minőségbiztosítási rendszer mellett a 20 fő felsőfokú szakirányú végzettségű szakember. A cég alkalmazottai programtervező-

és mérnök-informatikus, igazgatásszervező, jogász, valamint a térinformatikai és információbiztonsággal foglalkozó szakemberek. A szakmai tudás és a jelen cikkben érintett néhány alkalmazott technológia, úgymint az ASP, Work-flow, WEB, mobil technológiák, intelligens eszközök hozzájárulnak a cég tevékenységi köreinek egyre professzionálisabb szinten történő megvalósításához, és a felhasználók problémáinak hatékony megoldásához.

#### **Az eKÖZIG Zrt. tevékenységei körei:**

- Informatikai fejlesztés.
- Informatikai üzemeltetés.
- Folyamatszervezés.
- Térinformatika.
- Prototípus/eszköz fejlesztés.
- Innováció.

Kezdetben az önkormányzatoktól jellemzően különböző vetületi rendszerekben kapott térképek álltak rendelkezésre. Ezek feldolgozása automatizáltan történt (29 réteg egyidejű feldolgozása) a cég fejlesztésének köszönhetően miután a megadott jelkucsokkal aktualizálásra kerültek. A cég részvételével és közreműködésével zajlott Debrecen digitális térképének minőségellenőrzése, és később a felhasználók számára hozzáférhetővé tétele is (webes felületen).

A térképi alapok változása mellett, nagy ütemű technológiai változások is érintették/érintik a térinformatika világát. Ehhez kapcsolódóan kezdetben A0-ás szkennerek segítségével digitalizált térképek álltak rendelkezésre, mára digitális állományok képezik a munkánk alapját. Ezen kívül folyamatos változás jellemzi a felmérések módszereit és a használt eszközök körét is, a PDA-kat felváltották az okos telefonok és okos eszközök, a GPS-ek és a tabletek.

## **Eredmények**

### ***Térinformatika – kezdetek***

#### **Az önkormányzatok feladatait támogató fejlesztések**

A települési önkormányzat helyi közszolgáltatások körében végzett feladatai között megjelenik a településfejlesztés, a településrendezés, a településüzemeltetés, az épített és természeti környezet védelme, a lakásgazdálkodás, a vízrendezés és a csapadékvíz elvezetés, a csatornázás, a helyi közutak és közterületek fenntartása, a helyi tömegközlekedés, a hulladékgazdálkodás, az intézmény-fenntartás, illetve saját működésének ellátása (2011. évi CLXXXIX. törvény Magyarország helyi önkormányzatairól).

A **térinformatika** széles eszköztára számos opciót biztosít a fent felsorolt közszolgáltatások körében, melyek használata nagymértékben megkönnyítheti az önkormányzat hatósági, valamint testületi döntéshozatali tevékenységét is.

## *Település üzemeltetéshez kapcsolódó feladatok támogatása*

### **1. Helyi Építési Szabályzat és Településrendezési terv integrált kezelése** (rendezési tervek, webes felületen)

A tervek adattartalmának megjelenítésekor fontos szempont a meglévő és tervezett szabályozási vonalak és övezethatárok, övezeti jelek feltüntetése, a változások gyors és hatékony nyomon követése. Ezekhez a feladatokhoz nyújt hatékony segítséget az alkalmazás, melyben az általános szabályozási információkon kívül megjeleníthető pl.: a minimális zöldfelület nagysága, a maximális építménymagasság, stb., továbbá lehetőség van a Helyi Építési Szabályzat csatolására, megtekintésére, kinyomtatására, a rendszeres karbantartásra, az adatok frissítésére és az egyes övezetekre vonatkozó speciális kivonatok készítésére.

Egy kiválasztott földrészeletről, a cím, a helyrajzi szám, az építési övezet jele, a beépítési mód és egyéb megjeleníteni kívánt információk használatával készíthető léptékhelyes, méretarányos grafikus kivonat, jelmagyarázattal és feltüntetett északi iránnyal (1. ábra).

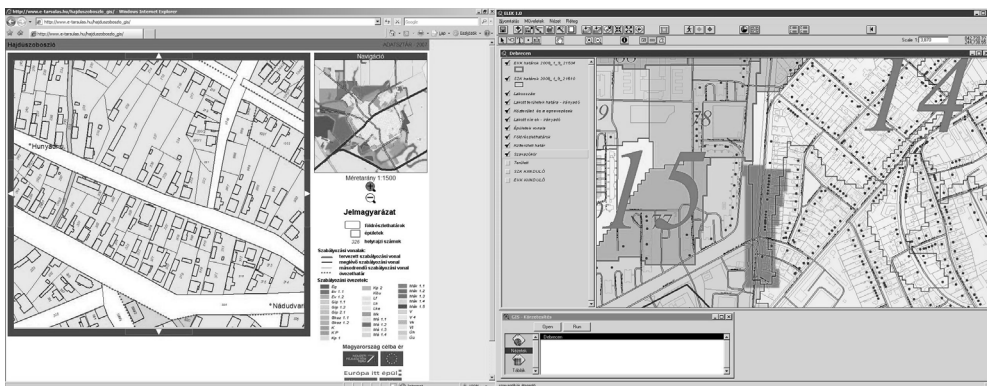
### **2. Körzetesítés (rendszerintegráció és web)**

Az aktuális digitális alaptérképek és címnyilvántartási adatok feldolgozásával egy magyar nyelvű kezelőfelület segítségével, távoli elérésű ASP-környezetben, lehetőség van a **szavazókörkök és körzetek megtekintése** (2. ábra). A felhasználóbarát funkciók között megtalálható a címkereső, a körzetesítő és az átsorolási, funkció. **Internetes lekérdező felületen** keresztül elérhetőek a térképi objektumok, körzetesítés leíró adatai, továbbá címlisták is készíthetőek.

### **3. Közművek nyilvántartása – Derecske GIS**

A térképi alap egy digitális **ingatlan-nyilvántartási térkép**, fontos szempont az attribútum adatok frissítési gyakorisága és változásvezetése.

A közművek nyilvántartása során a műszaki átvételt kiegészítő helyszíni dokumentálás jellemzően GPS rendszeren alapuló **georelációs adatbázis**

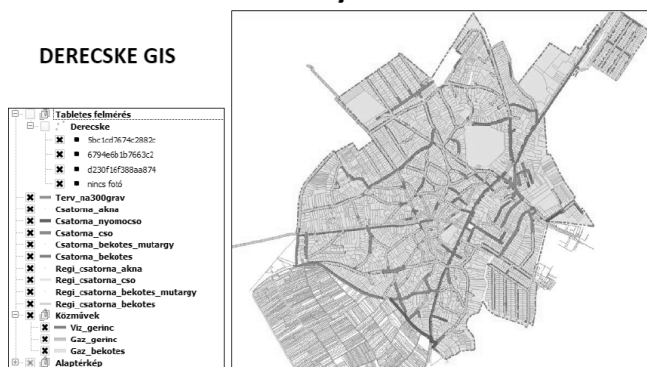


1. ábra Internetes megjelenítés

2. ábra Körzetesítés

építésével egészül ki. A térinformatikai eszközrendszer használatával a **teljes szennyvízhálózat**, csatornahálózat térbeli kiterjedését lefedő adatok feltérképezése, koordináta rendszerbe helyezése, térképen történő ábrázolás előkészítése, az objektumokhoz kapcsolódó leíró információk, jellemzően fényképek, illetve egyéb dokumentációs adatok rendszerbe rögzítése történik. A csatornahálózat kapcsán **leíró adatként** kerül csatolásra pl. az átmérő, anyag, üzemi nyomás, fektetési mélység, vezeték kora, jelenlegi állapota. Kiemelt fontosságú a **vezetékek helyének precíz nyilvántartása, naprakészsége**, főként a karbantartási, felmerült problémák hatékony megoldásának segítése érdekében. Az **adatok gyűjtése, a terepi felmérés** mobil eszközökkel történik, a rendszerfunkciókon belül elérhető a hálózat naprakész térképes dokumentációja, alaptérképek, kivitelezési tervek. A változások követése, az adatkarbantartás, az adatlekérdezés, az objektumok megkeresése az ingatlan címe vagy helyrajzi száma alapján is elvégezhető. Lehetőség van újabb térinformatikai adatok rendszerbe illesztésére, a hatályos jogszabályok, érintett szabványok és egyéb előírások nyilvántartására is (3. ábra).

### Közművek nyilvántartása



3. ábra Közművek nyilvántartása

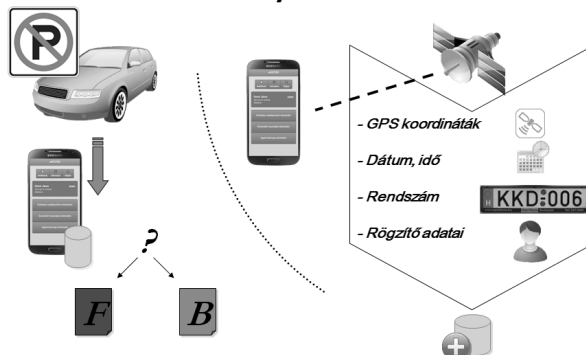
### Térinformatika – Új irányok

#### *eKÖZTÉR - Közterületi parkolási rend ellenőrzése, engedélyhez kötődő közterület-használat ellenőrzése*

Az eKÖZTÉR egy adott település közterület-felügyeleti munkáit támogató, **okostelefonra** utólag telepített terepi alkalmazás. Legfontosabb moduljai a közterületi **parkolási rend**, valamint az engedélyhez kötődő **közterület-használat** ellenőrzését támogatják. Ezen kívül lehetőség van egyéb területek lefedésére is, **pl. a mezőőri** teendők vonatkozásában.

Az intézkedés során lehetőség van **fénykép(ek) készítésére** a későbbi hiteles bizonyítás céljából. A szoftver segítségével ügynként 1–4 db kép készíthető. Ezek után egy részletes, az intézkedés adatait rögzítő **adatlap tölthető ki**.

### Parkolási szabálysértések ellenőrzése



4. ábra eKÖZTÉR alkalmazás

A terepen rögzített adatok a munka végén automatikusan **szinkronizálódnak** a központi adatbázissal (4. ábra).

Az eKÖZTÉR alkalmazással rögzített adatok bekerülnek egy központi adatbázisba, mely segítségével később statisztikák, kimutatások, ábrák, diagramok, esetenként tematikus térképek készíthetők. Az adatbázisban tárolt adathalmaz felhasználhatóvá tételének elősegítése céljából kifejlesztettünk egy kifejezetten az adatbázisban található adatokra specifikált, **webes alapú lekérdező szoftvert**. A lekérdezések eredményei megjeleníthetők a **Google térképes** alkalmazásaiban.

### Az eAGRO rendszer

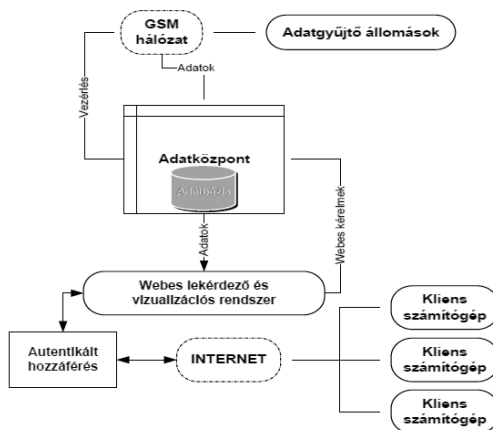
Az **eAGRO Geoinformációs Szaktanácsadási Rendszer** (továbbiakban: Rendszer) tetszőleges számú és tetszőleges térbeli elhelyezkedésű terepi adatgyűjtő állomások által biztosított térben helyhez köthető meteorológiai, környezeti paraméterek gyűjtését, elemzését, megjelenítését és tárolását szolgáló informatikai rendszer.

Segítségével minimális rendszerkövetelmények mellett modern vizualizációs- (pl. Google Earth) és szoftvertechnológiák (pl. ASP.NET, Silverlight) alkalmazása mellett megjeleníthetők mérőeszközönként, illetve mérőeszközök tetszőleges csoportja szerint a terepi adatgyűjtő állomások által tetszőleges időintervallumban mért környezeti adatok (5. ábra):

- léghőmérséklet,
- léghőmérséklet (maximum),
- léghőmérséklet (minimum),
- szélsébség,
- szélsébség (maximum),
- szélsébség (minimum),
- szélirány,
- relatív páratartalom,
- levélnedvesség (mV),
- levélnedvesség (száraz, nedves, átmenet),
- periódusidő (I., II., III., IV., V., VI.),
- csapadék,
- térfogatos nedvességtartalom (I., II., III., IV., V., VI.),
- nettó sugárzás,
- talajhőmérséklet.



## A rendszer működése



5. ábra eAGRO rendszer működése

Elvégezhető a Rendszer használatával az egyes növénykultúrák (pl.: borsó, csemege kukorica, zöldbab) és fajtáikra érvényes növekedési optimumok és küszöbhőmérsékletek összevetése a vizsgált időszakra érvényes hő összeg, napi átlaghőmérséklet értékeivel.

Biztosított továbbá a Rendszer segítségével végzett lekérdezések, kimutatások (diagramok, táblázatok) numerikus és képi adatainak exportálása.

### eAGRO – rendszermodulok:

- Termelői nyilvántartó modul,
- Termesztett növény adatbázis modul,
- Növényvédelmi modul,
- Tudásbázis modul,
- Időjárási modul,
- Mérőállomás hálózat kezelő modul,
- Növénytermesztési folyamat teljes monitoring.

Mobil eszközök és kommunikáció segítségével geo- és időreferált, képekkel, videóval alátámasztott adatbázis. Segítségével támogatható – illetve ellenőrizhető – a technológiai előírások megvalósítása a termésmaximum elérése érdekében (pl. optimalizált vetésidő, betakarítás, termékbecslés, stb.). Valamennyi folyamat mérésre, visszacsatolásra, illetve a DE AGTC tudásbázisára épül.

### • Öntözés támogatása

A méréseken és a tudásbázison alapulva a növény fejlődési fázisához, talajhoz, meteorológiai viszonyokhoz igazodva kerül kiszámításra a kijuttatandó vízmennyiség.

### • Fagykár modul

Az időjárás és a növényi lefedettség adatbázis segítségével ad segítséget a gazdáknak a fagykár elhárítási tevékenységhez.

### **Valamennyi modul jellemzői:**

Korszerű technológiák használata:

- ASP, GIS (Geographical Information System), Work-flow,
- Mobilmérés, adatgyűjtés,
- Adatbányászat, elemzés,
- Széles körű eszköztámogatás (PC, okostelefon, Ipad, mobiltelefon),
- Többnyelvű felhasználói felület.

### **A rendszer továbbfejlesztésének lehetőségei**

Komplex együttműködő okos szenzorhálózat, illetve erre épülő legkorszerűbb rendszer kialakítása. A fejlesztett hálózatba kapcsolt egymásközi kommunikációra képes mérőállomások rendszere alkalmassá tehető egyes, a mezőgazdaság számára fontos lokális időjárási paramétereket előrejelző számítások megoldására is. Adatgyűjtés tekintetében teljesen új, alapvetően matematikai módszereket alkalmazva jelent előrelépést.

A tervezett fejlesztés hozzájárul a mezőgazdasági környezetterhelés csökkentéséhez, továbbá a környezetbarát anyagok használatát ösztönzi. Számos növényi kultúrára a növényvédelmet megalapozó képletek segítségével, 4–18 nappal (átlag 1–12) a növényen történő megjelenés előtt kimutathatók a betegségek még az inkubációs időszakban. Ez lehetőséget ad a gazda számára, hogy az olcsóbb kontakt szerek alkalmazását helyezze előtérbe szemben a drágább, egészséget veszélyeztető felszívódó szerekkel.

Ezenkívül a szenzor hálózat támogatja az indokolatlan permetezés megelőzését, illetve az öntözés paraméterezését is azáltal, hogy segítséget nyújt a gazda számára döntései alátámasztásához.

### **Egyéb térinformatikai fejlesztéseink**

Hajdúszoboszló Város Önkormányzatával való együttműködés eredményeként számos kisebb fejlesztést valósítottunk meg az elmúlt időszakban. Elkészült és továbbfejlesztés alatt áll a városi vállalkozói-kataszter (szolgáltatási térkép) és az intézmények térképes keresője (webes megjelenítés, új „Most nyitva funkció”). Az Információs várostérkép csupán belső használatú tájékoztató jellegű információkat tartalmaz, melynek alapjai a Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Földhivatali Főosztálya által készített bel- és külterületi, valamint zártkerti állományok.

A Hajdú-Bihar Megyei Önkormányzattal való együttműködés keretében cégünk készítette a megye és a megyei Értéktár honlapjait és a kapcsolódó térképes állományokat.



# Tájesztétikai értékelés Magyarország területén térinformatikai módszerek segítségével

Pálincás Melinda<sup>1</sup> – Kertész Ádám<sup>2</sup> – Tóth Adrienn<sup>3</sup>

<sup>1</sup> tudományos segédmunkatárs, MTA CSFK Földrajzi Intézet, palinkas.melinda@csfk.mta.hu

<sup>2</sup> tudományos tanácsadó, MTA CSFK Földrajzi Intézet, kertesza@helka.iif.hu

<sup>3</sup> tudományos főmunkatárs, MTA CSFK Földrajzi Intézet, tot8371@helka.iif.hu

**Abstract:** Different approaches for assessing landscape aesthetics have been developed in the last few decades as a result of the increasing human impacts on the landscape. The significance of this novel research field goes beyond the topic of aesthetics and it can be interrelated with many other scientific fields. GIS based analyses are appropriate not only for visual representation but also for building a detailed database. The main objective of our research is to create a useful and easily understandable product for the public. In the following study the GIS methods applied in the assessment of landscape aesthetics of Hungary are demonstrated.

## Bevezetés

A tájesztétika viszonylag új tudományágnak tekinthető. Előtérbe kerülésének valószínűleg a tájat érintő antropogén hatások – utóbbi időkben tapasztalható – felerősödése lehet az oka. A tájesztétikai kutatások az 1970-es években indultak meg, főleg az USA-ban, Kanadában és az egykori NSZK-ban (ECKBO G. 1975, CRAICK K. 1975, BÜRGIN N. M. ET AL. 1985). Az USA-ban gyakorlati kézikönyv is készült Landscape Aesthetics címmel (U. S. FOREST SERVICE 1995) a tájképi értékek megőrzéséről és értékeléséről erdészeti szakemberek és tájépítészek számára. Magyarországon először RÉTVÁRI L. (1986) foglalkozott a tájesztétikával – értelmezése szerint – mint másodlagos természeti erőforrással. MEZŐSI G. (1991) arra hívja fel a figyelmet, hogy a tájesztétikai értékek megőrzése, kezelése, értékelése a jövőben a regionális fejlesztési terveknek fontos része lesz. A 2000-es években számos hazai kutató foglalkozott a tájesztétikával, legfőbb értéként rekreációs potenciálját emelve ki (LÓCZY D. 2002, KISS G.–HORVÁTH G. 2003, DREXLER SZ. ET AL. 2003 SZILASSI P. 2003). CSORBA P. (2003) a tájkép monetáris értékelési lehetőségeiről írt egy összefoglaló tanulmányt. KARANCSI, Z. (2004) a hazai és nemzetközi szakirodalmat tekintette át részletesen.

A tájesztétika állapotának térinformatikai alapú értékelése az utóbbi tíz évben vált divattá (WU ET AL 2006, HUANG J. 2015). Legfőbb értékét az adja, hogy a táj esztétikumának pixelenként történő számszerű értékelésével részletes adatbázis állítható elő, amely térképi megjelenítésre, további adatfeldolgozásra, elemzésre, tájképi potenciál becslésére alkalmas, döntéshozói folyamatokat támogat és a laikusok számára is jól értelmezhető. Magyarországon a Corvinus Egyetemen készítettek – a mi munkánkhoz hasonló – országos tájképi-tájesztétikai értékelést GIS-módszerek

alkalmazásával (KOLLÁNYI L.–CSEMEZ A. 2006 ).

A cikkünkben bemutatott vizsgálat „Magyarország kistájainak elemzése a tájdegradációra való érzékenység szempontjából” c. NKFIH projekt keretében végzett munka része, amely 12 tájdegradációs folyamattal – köztük a tájesztétika romlásával – foglalkozik. Jelen tanulmány célja az ország tájesztétikai állapotának bemutatása, különös tekintettel az alkalmazott térinformatikai módszerek részletes leírására.

## **Anyag és módszer**

### ***Adatbázis***

A térkép készítéséhez számos – ingyenesen is elérhető – raszteres és vektoros adatállományt használtunk fel: Geocaching adatbázis (rádiótorony, szélkerék, repülőtér, katonai objektum, hulladéklerakó); Corine felszínborítás adatbázis; SRTM raszteres felszínmodell; Google Earth (digitalizálás útján napelem telepek, nagy alapterületű áruházak); OpenStreetMap (utak, vasút, tavak, folyóhálózat); Natura 2000 területek; Nemzeti Ökológiai Hálózat; UNESCO Világörökség Területek (digitalizált állomány). A munka során ArcMap 10, QGIS szoftvereket alkalmaztunk.

A térkép raszteres adatbázisa – az SRTM raszteres felszínmodellhez igazodva – 30 méteres felbontásban készült.

### ***Alapkonceptió***

A táj esztétikumának értékelése – amint arra a bevezetőben is utaltunk – nehezen megfogható, sok esetben szubjektív, több oldalról is megközelíthető folyamat, hiszen mindenkinek mást jelent a szépség, az esztétikum fogalma. Ezért volt szükség egy olyan alapkonceptióra, amely vezérfonalként szolgált a térkép rétegeinek elkészítésekor. Ez pedig a természetesség mértéke. Mivel országos értékelést végeztünk, a vizsgálatokból kizártuk a belterületeket (kivéve az egyedi tájértékeket), így a települések természetességét, a zöldfelületek arányát nem vizsgáltuk. A tájesztétikai szempontú értékeléskor annál magasabb pontszámot kapott a táj, minél kevesebb antropogén hatás érte. magától értetődő, hogy a természetesség önmagában, kizárólagosan nem határozza meg az tájesztétikumot. A látványos és változatos tájelemek jelenléte, azok számbavétele jelentette az értékelés következő lépcsőfokát. Három tájelemet emeltünk ki, amelyek vizsgálata a térkép gerincét adja: élénk domborzat, erdőborítás, vízfelület. A térképezés során a mesterséges tájelemeket is figyelembe vettük, mint a táj természetességét, szépségét csökkentő elemeket. A mezőgazdasági területeket külön értékeltük a tájesztétikai vizsgálathoz készített tájdiverzitás térkép segítségével.

A munka három fő fázisból áll: adatelőkészítés; tájesztétikai térkép elkészítése, a térkép kistájak szerinti felosztása és értékelése. Jelenleg a második fázisnál tartunk, így az alábbiakban a tájesztétikai térképet mutatjuk be.

A tájesztétikai térkép elkészítése három szakaszra bontható: természetes

tájelemek értékelése; mesterséges tájelemek értékelése; mezőgazdasági területek értékelése a tájdiverzitás alapján.

A munka során az adatállományokat – amelyek a térkép egy-egy rétegét jelentették – különféle térinformatikai módszereket alkalmazva dolgoztuk fel, helyeztük egymásra. Először a raszteres adatokat értékeltük, majd a vektoros állományt (poligonokat és vonalas elemeket). Az alkalmazott ArcGIS műveletek tételesen felsorolva: súlyozott fedvényezés, súlyozott összegzés, összeadás (Map Algebra), fuzzy fedvényezés (vagy, összeg), pufferelés, közelség vizsgálat.

## **Természetes tájelemek értékelése**

### ***Domborzat és erdők rétege***

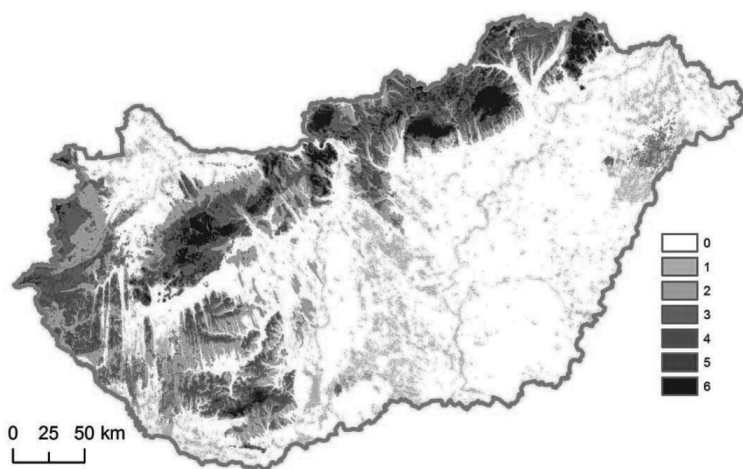
A természetes tájelemek értékelésébe a következő tájelemeket vontuk be: domborzat, erdő, védett területek, tavak, folyók, szőlőterületek (kiemeltük a mezőgazdasági kultúrák közül a történelmi borvidégeket, például Tokaj-Hegyalját, kiemelkedő esztétikai értéke miatt). Ezek közül a domborzat és az erdők sok esetben szoros összefüggésben vannak egymással – és a vizek mellett – talán a leglátványosabb tájelemek, ezért először ezek súlyozott fedvényezésére került sor az ArcMap 10 szoftver segítségével. Az erdők rétegét a Corine felszínborítás adatbázisból válogattuk le, majd raszterizáltuk. A domborzat rétege az interneten szintén elérhető, 30 méteres felbontású SRTM raszteres felszínmodell felhasználásával készült. A domborzatot magasság szerint, növekvő sorrendben osztályoztuk: 0 = 0–150 m, 1 = 150–200 m, 3 = 200–300 m, 5 = 300–400 m, 6 = 400–600 m, 7 => 600 m. A súlyozott fedvényezés művelet során a domborzat kapott nagyobb súlyt (60 %), az erdők kisebbet (40 %). Az eredmény az alábbi térképen látható (1. ábra).

### ***Védett területek rétege***

A védett területek figyelembe vételének fontos szerepe volt a tájesztétikai értékelés során, hiszen az alapkoncepció szerint a természetesség mértéke alapvetően meghatározza egy táj szépségét. A védett területek rétegének elkészítéséhez a Natura 2000 magterületeket és a Nemzeti Ökológiai Hálózat vektoros adatállományt használtuk fel. A raszterizálást követően a rétegeket a Map Algebra funkció segítségével összeadtuk. Ahol a védett területek átfedésbe kerültek, tehát egyszerre kétféle oltalom (magterület és az ökológiai hálózatnak is része) alá estek, magasabb pontszámot kaptak: átfedés nélküli terület: 1, átfedésses területek: 2.

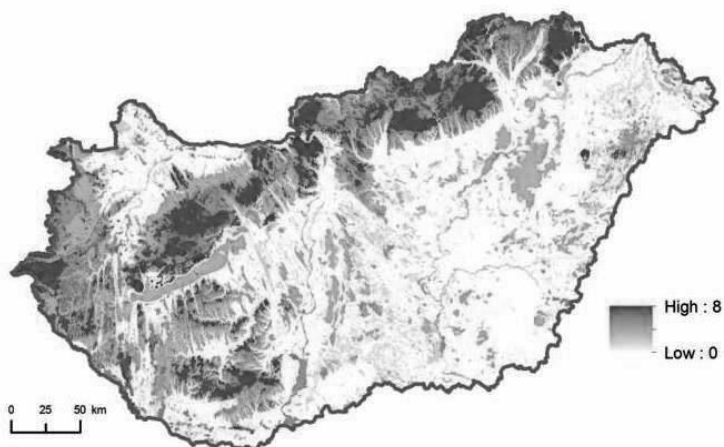
Az erdők és a domborzat közös rétegét és a védett területek rétegét összegeztük a súlyozott összegzés művelettel, súlyok alkalmazásával (2. ábra). A védett területek egy kicsit nagyobb súllyal szerepeltek, hogy az értékes alföldi területek kiemelésre kerüljenek. A térkép túlságosan domborzat uralta jellegét is csökkenteni szerettük volna, hiszen síksági területeken is sok természeti szépséggel találkozhatunk. Alkalmazott súlyok: védett területek rétege: 1, 2; erdők és domborzat rétege: 1.

A térképen látható, hogy a védett területek rétege továbbárnyalta, tájesztétika



1. ábra Domborzat és erdők rétege (0 = 0-150 m, nincs erdő; 1 = 0-150 m, van erdő; 2 = 150-200 m, nincs erdő; 3 = 150-200 m, van erdő, ill. 200-300 m, nincs erdő; 4 = 200-300 m, van erdő; 5 = 300-400 m, van erdő; 6 = > 400 m)

szempontjából sokszínűbbé tette e képet. A térképet alaposabban megnézve megállapítható, hogy a védett területek rétege részben azokat a tájakat emeli ki, amelyek az erdők és domborzat közös rétegén is magasabb pontszámot kapott: domb-hegyvidék, erdők. Ez azt támasztja alá, hogy a táj természetességének és szépségének kapcsolatát keresve jó döntés volt az értékelés során kiemelten kezelni a domborzatot és az erdőket a természetes tájlemek között és egyben arra is felhívja a figyelmet, hogy a tájesztétikum és a biodiverzitás között, amit a védett területek reprezentálnak, szoros kapcsolat van. A védett területek rétegének abban is fontos



2. ábra Domborzat, erdők és védett területek rétege (0-8-ig növekvő tájesztétikai érték)



szerpe van, hogy a kicsit mostohábban kezelt alföldi területek természetvédelmi szempontból fontos területei kiemelésre kerüljenek. Példaként a nyugtalan felszínű, értékes növény- és állatvilággal rendelkező, kultúrtörténeti szempontból is fontos, kiskunsági Illancsot említjük.

### *Tavak rétege*

A harmadik, tájesztétikai szempontból kiemelt tájelem a vízhálózat (OpenStreetMap adatbázis), amelyet a védett területek rétege is szépen kirajzol. Technikai szempontból a tavakat (vektoros poligonok) és vízfolyásokat (vektoros vonalas és poligon elemek) külön kezeltük.

Ha a tájak természeti vonzerejét turisztikai szempontból nézzük (MICHALKÓ G. 2007), a nagy vízfelületek egyértelműen kiemelkedő szerepet játszanak. Minél nagyobb egy tó, annál lenyűgözőbb látványt nyújt, ezért az állóvizeket méretük alapján növekvő sorrendben osztályoztuk 1–6-ig. A tavak rétegének a korábbi rétegeknek az „összefésülése” fuzzy fedvényezéssel (összeg művelet) történt. Azért ezt a műveletet alkalmaztuk, hogy az egyes rétegek tájesztétikára gyakorolt együttes hatását emelhesük ki. Ezzel kapcsolatban merült fel, hogy nagyobb tavak és vízfolyások esetén közelség vizsgálattal (ArcMap művelet) még jobban ki lehetne emelni a vízhálózat, az erdők és a domborzat együttes jelenlétének tájesztétikára gyakorolt hatását. Ha adott egy nagyobb vízfelület, ami önmagában is kiemelkedő esztétikai értékkel bír, szépségét még inkább növeli, ha dombokkal, hegyekkel, erdőkkel van övezve. Ezt a vizsgálatot a Fertő-tó, a Velencei-tó és a Balaton környékére végeztük el. Mivel használható eredménytérképet kaptunk (3. ábra), tervezzük nagyobb vízfolyások (Duna, Tisza), illetve a Tisza-tó ilyen irányú vizsgálatát is, hogy a kapott térképeket felhasználhassuk a tájesztétika térkép készítéséhez.



3. ábra Közelség vizsgálat nagyobb tavak esetén láthatósági pufferek (U. S. Forest Service, 1996) alkalmazásával, a domborzat és az erdők figyelembevételével

### ***Szőlők rétege***

A szőlőket, mint tájelemet kiemeltük a mezőgazdasági kultúrák közül. A kultúrkörnyezetben élő ember ugyanúgy szépnak láthat egy történelmi múltra visszatekintő szőlőhegyet, mint egy antropogén hatástól mentes, természetes tájat. A szőlők rétegét a Map Algebra ArcMap eszköz összeadás funkciójával adtuk a korábbi rétegekhez. A szőlők előzetes az osztályozás során egységesen 1-es értéket kaptak, hogy a nagyüzemi szőlők területe ne uralja a térképet, ne kapjon indokolatlanul magas pontszámot, de azért pl. Tokaj-Hegyalja területe hangsúlyt kapjon.

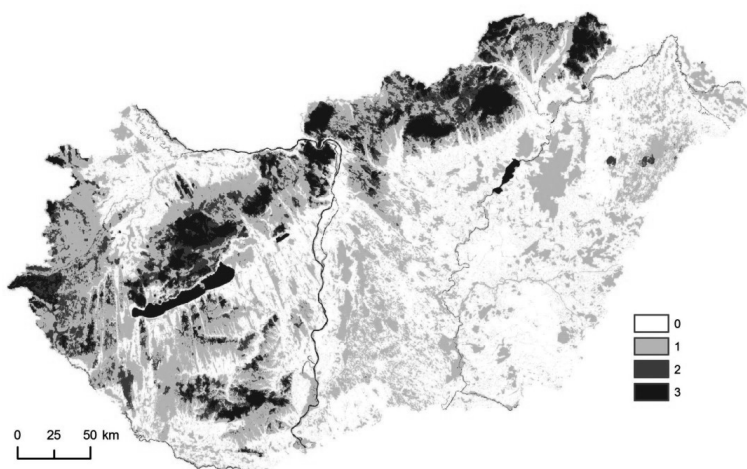
### ***Vízfolyások rétege***

A természetes tájelemek közül utolsóként a vízfolyások kerültek sorra. A vízfolyások vektoros adatállománya egyaránt tartalmaz vonalas és poligon elemeket. Az ábrázolhatóság érdekében a vonalas elemeket 20 m-es pufferral (összesen 40 m széles) láttuk el, majd raszterizáltuk. Akárcsak a tavak esetében, itt is a méret alapján osztályoztunk. Az alábbi értékekkel láttuk el az elemeket: poligonok: 5, vonalas elemek: 3.

A vízfolyások rétege fuzzy fedvényezéssel (vagy funkció) került az előző rétegekre. Azért ezt a funkciót választottuk, hogy a maximális értékeket emeljük ki és így kiemelt szerepet kapjon a vízhálózat. A természetes tájelemek ösztérképét a 4. ábra mutatja. Újraosztályozás során három kategóriát alakítottunk ki.

### ***Mesterséges tájelemek tájesztétikai értékelése***

A mesterséges tájelemek értékelése – az adatok jellegéből adódóan – egyszerűbb folyamat volt. Az adatok ismételt felsorolásától eltekintünk. Annyit jegyzünk csak meg, hogy a Corine 2012 felszínborítás adatbázis és Geocaching adatbázisok mellett digitalizálás útján létrehozott, saját adatbázissal is dolgoztunk (napelem telepek,



4. ábra Természetes tájelemek tájesztétikai térképe

áruházak, távvezetékek).

Mivel vektoros adatállománnyal dolgoztunk, külön-külön értékeltük a pont, vonalas és poligon elemeket, amelyek a feldolgozásuk során raszterizálásra kerültek. A mesterséges tájelemek osztályozása, értékelése területi kiterjedésük, illetve a környezetre kifejtett negatív vagy pozitív hatásuk alapján történt. A táj esztétikáját leginkább romboló tájelemek kapták a legmagasabb értéket, a táj szépségét emelő tájelemek (például a városi parkok) a legalacsonyabb pontszámot. (Az összesített tájesztétikai térkép készítésénél ez a pontozási rendszer megfordul.)

### ***Mesterséges poligonok rétege***

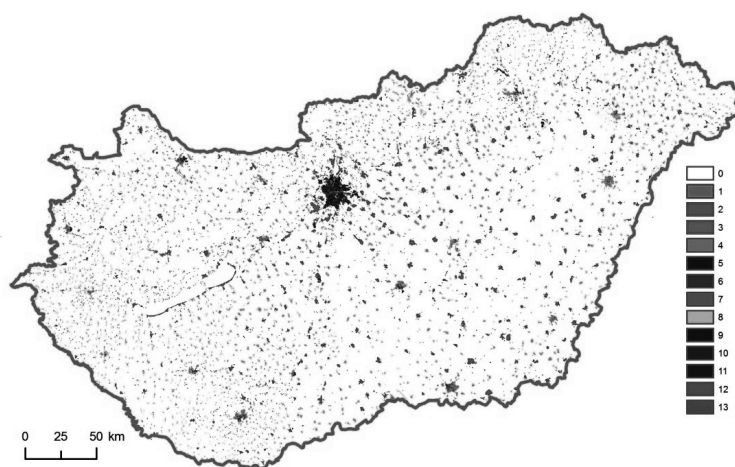
A poligonok hatás és kiterjedés alapján történő osztályozását követően merge funkcióval alkottuk meg az egységes réteget, amelynek térképe alább látható (5. ábra). (Megjegyzendő, hogy a lenti pontozási rendszert a közeljövőben a közvéleményt bevonva, kérdőíves adatokra támaszkodva módosítani fogjuk.)

### ***Mesterséges pontok rétege***

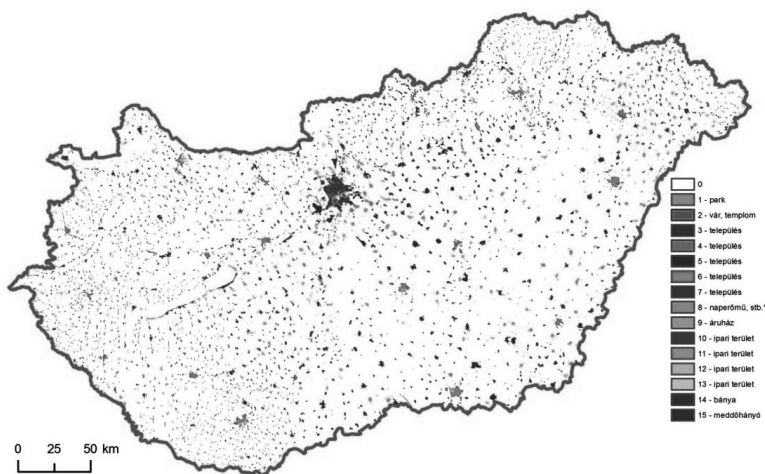
A mesterséges pontok (6. ábra) az Geocaching adatbázisból kerültek ki. Országos szinten kis hatást gyakorolnak, ha csak a felületi kiterjedésüket nézzük, de egyedi tájelemként mindenképp fontos figyelembe venni őket, szó szerint is „színesítik” a tájesztétikai térképet.

A pont elemeket a láthatóság érdekében pufferral láttuk el: várak (30 m), templomok (30 m), szélkerék (30 m), rádiótorony (30 m), hulladéklerakó (50 m), katonai objektum (60 m), repülőtér (150 m). Igyekeztünk átlagértékkel ellátni őket, de bizonyos tájelemek esetén (például repülőtér) a valóságban nagy eltérések lehetnek.

A poligonok és pontok rétegeinek egyesítése mosaic to new raster ArcMap művelettel történt. Ennél a lépésnél történt az áruházak saját készítésű adatállományának



5. ábra Mesterséges poligonok rétege (1–5 = település 6 = naperőmű 7–11 = ipari területek  
12 = bánya 13 = meddőhányó)



6. ábra Mesterséges poligonok és pontok rétege  
(\* rádiótorony, szélkerék, katonai objektum, hulladéklerakó)

értékelése is, valamint a településekhez köthető parkok figyelembevétele is.

### ***Mesterséges vonalas elemek rétege***

A mesterséges vonalas elemeket – a vízhálózathoz hasonlóan – pufferteltük (távvezetékek = 15 m, utak = 15 /autópályák 45 m/, vasút = 15 m), majd raszterizáltuk. A kategóriák felállításakor a következő értékeket kapták az egyes elemek:

- Közlekedés (OpenStreetMap): autópályák = 6, főút = 4, műút = 3, vasút (normál) = 2, vasút (keskeny) és hév = 1.
- Távvezetékek (saját adatállomány): n.a. = 2, 220 kV = 3, 400 kV = 4, 750 kV = 6.

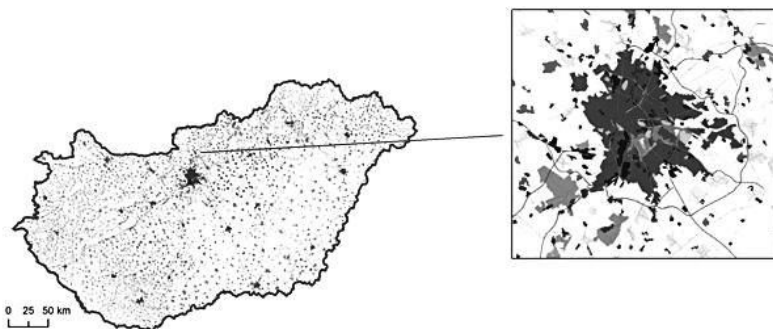
A Map Algebra funkció összeadás műveletével egyesítettük a vonalas elemeket, majd újraosztályoztuk őket. Az össztérkép (7. ábra) elkészítése is a Map Algebra funkcióval történt.

A tájlesztítéki térkép (8. ábra) készítése még folyamatban van, az alábbiakban az eddigi vizsgálatok eredményeként létrejött munkaközi térképet mutatjuk be.

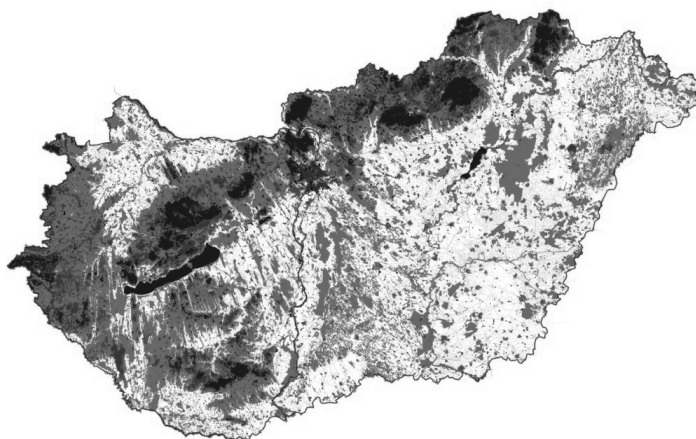
A térképen a természetes tájlemek zöld színnel, a mesterséges elemek pedig egyéb élénk színnel szerepelnek. Amint az a térképen látszik, az ország jelentős részét (a feldolgozott területeken) a természetes tájlemek uralják, a mesterséges tájlemek pedig kisebb foltokként jelentkeznek. A nagy fehér, adat nélküli, az ország területének kétharmadát kitevő részek mezőgazdasági területek. Ezek vizsgálata a közeljövő feladata lesz.

### **Összegzés, jövőbeli feladatok**

A tájlesztítéki vizsgálata túlmutat a táj esztétikumán, és számos más kutatási területtel kapcsolatba hozható. A természetes tájlemek természetességen alapuló értékelése felhívja a figyelmet hazánk kiemelkedő szépségű tájainak biológiai



7. ábra Mesterséges tájelemek rétege ( 1 = park (település) 2 = vár, templom, 3-7 = település, 4 = hév, keskeny nyk. vasút 6 = normal nyk. vasút, távvezeték /n.a/, 7 = műút, 8 = naperőmű, geocaching adatok, távvezeték /220 kV/, 9 = áruház, főút, távvezeték /400 kV/, 10 = távvezeték /750 kV/, 9-13 = ipar, 12 = autópálya, 14 = bányászat, 15 = meddőhányó)



8. ábra Mesterséges és természetes tájelemek esztétikai szempontú értékelése a mezőgazdasági területek nélkül

sokféleségére. A tavak, a domborzat és az erdők térbeli közelségének vizsgálata a tájak természeti vonzerejéről adhat hasznos információt a turizmus szakembereinek számára. A tájesztétikum és az ökoszisztéma szolgáltatások kapcsolatának vizsgálata érdekes, újszerű eredményeket hozhat. A természetes és a mesterséges tájelemek komplex értékelése pedig a döntéshozói folyamatokat támogathatja.

Számos jövőbeli feladat vár még ránk. A mezőgazdasági területek értékelése a tájdiverzitás vizsgálatával összekötve egy külön altéma a tájesztétikai értékelésen belül. Ezt kiegészítve vizsgálni fogjuk a tájesztétikum és az ökoszisztéma szolgáltatások bősége közötti összefüggéseket.

A térbeli közelség vizsgálatokat ki fogjuk terjeszteni a tavak mellett a nagyobb folyókra – a Tiszára és a Dunára – is. A nagyobb tavak és folyók vizuális hatása területi kiterjedésénél jóval nagyobb és más, magas esztétikummal bíró tájelemekkel való együttes előfordulása kiemelkedő szépségű tájakat eredményez.



Fontos megemlíteni, hogy a projekt végső feladata, legfőbb célja az elkészült tájesztétikai térkép kistájak szerinti értékelése, térképi ábrázolása, szöveges elemzése Magyarország kistájainak kataszterének (DÖVÉNYI Z. 2010) mellékleteként. A tájesztétikai térkép jelenlegi állapotot mutat, a rendelkezésre álló adatbázisok segítségével frissíthető, aktualizálható a jövőben.

## Köszönetnyilvánítás

Ezt a kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) támogatta (projekt szám: 108755). A támogatást ezúton is köszönjük.

## Felhasznált irodalom

- BÜRGIN, N. M. ET AL. (1985): Untersuchungen zur Verbesserung von Landschaftsbewertungs-Methoden. Forschungstelle für Wirtschaftsgeogr. und Raumplanung St. Gallen.
- CORINE FELSZÍNBORÍTÁSI ADATBÁZIS (2012): <http://www.fomi.hu/portal/index.php/termekeink/felszinboritas-corine>
- CRAICK, K. (1975): Individual Variations in Landscape Description. In: Zube E. H. et al. (eds.): Landscape Assessment. Dowden, Hutchinson and Ross, Pennsylvania, pp. 130–150.
- CSORBA P. (2003): Lehetőségek a tájképi érték monetáris kifejezésére. Tájökológiai Lapok, pp. 7–17.
- DÖVÉNYI, Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA FKI, Budapest, 876 p.
- DREXLER, SZ.–HORVÁTH, G.–KARANCSI, Z. (2003): Turizmus, természetvédelem és tájhasznosítás kapcsolata egy nógrádi kistájrészlet alapján. Földrajzi Közlemények 127, pp. 45–62.
- ECKBO, G. (1975): Qualitative Values in Landscape. In: Zube E. H. et al. (eds.): Landscape assessment. Dowden, Hutchinson and Ross, Pennsylvania, pp. 31–38.
- GEOCACHING ADATBÁZIS (2016): <http://www.geocaching.hu/>
- GOOGLE EARTH (2016): <https://www.google.com/earth/>
- HUANG, J. (2015): Landscape Visual Quality Assessment Using GIS in Washtenaw County, MI. [www.imagin.org/awards/sppc/2015/papers/jiawei\\_huang\\_paper.pdf](http://www.imagin.org/awards/sppc/2015/papers/jiawei_huang_paper.pdf)
- KARANCSI, Z. (2004): A tájesztétika jelentősége. Tájökológiai Lapok 2 (2), pp. 187–194.
- KISS, G.–HORVÁTH, G. (2003): A természetvédelmi értékelések kritériumainak értelmezése és földtudományi értékekre való alkalmazhatósága. Földrajzi Közlemények 127, pp. 63–76.
- KOLLÁNYI, L.–CSEMEZ, A. (2006): Az Országos Területrendezési Tervről szóló 2003. Évi XXXVI. Törvénymódosító javaslata. Tájképvédelmi terület övezetének lehatárolása és szabályozása. Budapesti Corvinus Egyetem Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék, Budapest, 2006. március, 33 p. [http://www.terport.hu/webfm\\_send/477](http://www.terport.hu/webfm_send/477)
- LÓCZY, D. (2002): Tájértékelés, földértékelés. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, pp. 263–272.

- MEZŐSI, G. (1993): A földrajzi táj. In: Borsy Z. (szerk.): Általános természeti földrajz, 807 p.
- MICHALKÓ, G. (2007): A turizmuselmélet alapjai. Kodolányi János Főiskola, Székesfehérvár, 218 p.
- NEMZETI ÖKOLÓGIAI HÁLÓZAT: <http://www.agt.bme.hu/gis/>
- NATURA 2000: <http://www.agt.bme.hu/gis/>
- OPENSTREETMAP (2016): <https://www.openstreetmap.org>
- RÉTVÁRI, L. (szerk.) (1986): A Pilis-Visegrádi-hegység környezetminősítése. MTA FKI kiadványa, Budapest, pp. 8–12.
- SRTM 1-Arc-Second Global (NASA, NGA): <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>
- SZILASSI, P. (2003): A rekreációs szempontú tájértékelés elmélete és módszertana a hazai és a külföldi szakirodalom alapján. Földrajzi Értesítő 52, pp. 301–315.
- UNESCO Magyar Nemzeti Bizottsága (2016): <http://www.unesco.hu/>
- U. S. FOREST SERVICE (1995) Landscape Aesthetics: A Handbook for Scenery Management. Agriculture Handbook No. 701. U. S. Forest Service, 296 p. <http://www.rosemonteis.us/documents/usfs-1995>
- WU, Y.–BISHOP, I.–HOSSAIN, H.–SPOSITO, V. (2006) Using GIS in Landscape Visual Quality Assessment. Applied GIS, Volume 2, Number 3, 2006, Monash University Epress [www.imagin.org/awards/sppc/2015/papers/jiawei\\_huang\\_paper.pdf](http://www.imagin.org/awards/sppc/2015/papers/jiawei_huang_paper.pdf)





# A területfejlesztés kedvezményezett településeinek vizsgálata térinformatikai eszközökkel

Pénzes János<sup>1</sup> – Hegedűs László<sup>2</sup>

<sup>1</sup> egyetemi adjunktus, DE TTK Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék,  
penzes.janos@science.unideb.hu

<sup>2</sup> MSc hallgató, SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, laccyrac16@gmail.com

**Abstract:** Current study aims to test some of the spatial parameters with the help of GIS methods on the basis of the preferred settlements of the Hungarian regional policy. Average distances from special centres (Budapest, Hegyeshalom, county seats, larger towns, district seats and towns) and nearest neighbour calculations tried to detect the most important changes of the spatial pattern of development.

## Bevezetés

A területfejlesztés kedvezményezett területeinek és településeinek lehatárolása során is felértékelődően van a térinformatikai módszerek alkalmazása. Ennek legfontosabb igazolása, hogy az elmúlt évtizedekben az elérési mutatók bekerültek a számos társadalmi, gazdasági és infrastrukturális mutató közé, amelyek alapján meghatározták egy település (illetve térség) elmaradottságát, ezáltal pedig kedvezményezettségét a területfejlesztési források megítélése során (emiat az elmaradott és kedvezményezett jelzőket szinonimaként használjuk, mivel ebben az esetben ugyanarra a településkörre vonatkoznak). Jelen vizsgálatban ugyanakkor nem ezt vesszük alapul, hanem néhány térinformatikai módszerrel előállított térparaméter alapján igyekszünk jellemezni a kedvezményezett települések térbeli sajátosságait és lehetőség szerint detektálni azok időbeli változását.

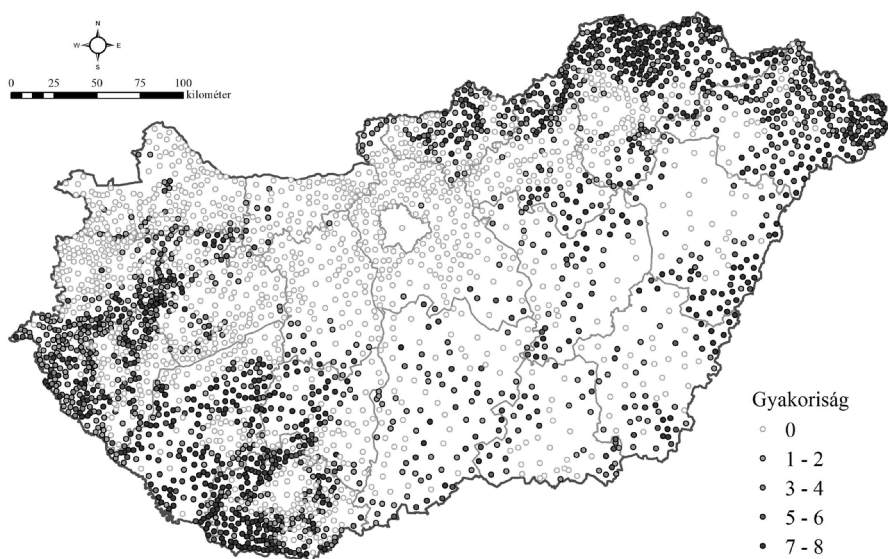
## A területfejlesztés kedvezményezett települései

A területfejlesztés kedvezményezett településeinek listáját az elmúlt évtizedekben több alkalommal is jogszabályok mellékleteiben tették közzé, amelyet a KSH számításai előztek meg. Először 1986-ban határolták le a gazdaságilag elmaradott területeket a Minisztertanács határozatában, azonban ez a lehatárolás mindössze az ország hét megyéjének településeire terjedt ki, így az országos vizsgálatban eltekintünk ettől a listától. A komplex társadalmi-gazdasági és infrastrukturális mutatók segítségével kifejezett elmaradottság tartalma és módszertana is jelentősen változott az 1991-ben készült legelső átfogó és a legutoljára deklarált 2015-ös lehatárolás között. Ezek részletes ismertetésére jelen tanulmányban nincsen lehetőség,

azonban korábbi tanulmányok – részben legalábbis – megteszik ezt (NAGY A. 2012; PÉNZES J. 2015).

A rendszerváltás utáni időszakban összesen nyolc alkalommal készült települési szinten lehatárolás (1991, 1993, 1996, 1997, 1999, 2003, 2006 és 2015) – legutoljára a 105/2015. (IV.23.) kormányrendelettel tették közzé az eredményeket (*1. ábra*). A lehatárolások során felvetődő módszertani dilemmákkal jelen tanulmányban nem foglalkozunk, hanem – egyszerűen fogalmazva – elfogadjuk ezeket a listákat, mint azon települések körét, amelyek az adott évben elmaradottak voltak. Ily módon egy logikai értelemben vett konzisztens adatbázist nyerünk, amely alkalmas lehet további vizsgálatokra. Ugyanakkor fontos felhívni a figyelmet arra, hogy a lehatárolás módszertani sajátossága miatt jelentősen szóródott a kedvezményezett települések köre – 1991-ben csak 962, 2003-ban pedig 1096 település került a listára.

Az elmúlt két év fél évtized lehatárolásainak összesített ábrája karakteresen rajzolja ki az elmaradott térségek körét. Ugyanakkor az is nyilvánvalóvá válik, hogy a lehatárolások csak részlegesen fedik át egymást. Mindössze 349 település minősült minden vizsgált évben elmaradottnak. Nagyjából ugyanennyi (332) település csak egy alkalommal került a kedvezményezett települések közé. Az elmaradott települések (bár más módszertan alapján lehatárolt területegységekre vonatkozó) dinamikai vizsgálatára más tanulmányok is vállalkoztak (KOVÁCS K. 2010; PÉNZES J. 2011; 2012; KOÓS B. 2015).



*1. ábra A területfejlesztés kedvezményezett települései a lehatárolásba kerülés gyakorisága szerint 1991 és 2015 között*

*Forrás: saját szerkesztés a kapcsolódó jogszabályok alapján*

## Térparaméterek és egyéb térelemzési lehetőségek

Az elmaradott települések lehatárolása során a térinformatikai eszközöknek kiemelt szerepe van a térparaméterek, azon belül a különböző távolságkonceptiók előállításában. Közúthálózaton alapuló elérési időt (kistérségi központoktól és megyeszékhelyektől számított elérési mutatót) vettek figyelembe több alkalommal is a lehatárolások esetében, de a 2015-ös lehatárolásból az ilyen típusú indikátor elmaradt.

Ugyanakkor a térparaméterek más, korábbi lehatárolásokban is szerepet kaptak. Például az Országos Terhivatal 1970-es években készült vizsgálataiban kiszűrték az elmaradott települések közül azokat, amelyek magas színvonalú települések közelében feküdtek (hegyvidéken 5, síkvidéken 10 km-en belül) (LACKÓ L. 1975). A távolság értelmezése a földrajzi (légvonalbeli) távolságon sok esetben túlmutató pályatávolságot jelentett (SZALKAI G. 2001). Az elérhetőség kérdésének felértékelődésével számos elemzés középpontjába ennek vizsgálata került (TÓTH G. 2006; SZALKAI G. 2012). Lőcsei Hajnalka és Szalkai Gábor tanulmányában pedig a hazai szakirodalomban megjelenő különböző elérhetőségi mutatók összevetésére is sor került (LŐCSEI H.–SZALKAI G. 2008).

Jelen tanulmányban – részben kritikára okot adva, részben mégis védhető módon – egyes paraméterek esetében alapvetően a jelenlegi viszonyokhoz, részlegesen statikusan viszonyítunk majd. Például a települések közötti távolságok esetében a megítélésünk szerint alkalmasabb legrövidebb közúti pályatávolságot vesszük figyelembe (a légvonaltávolság helyett), annak is a 2013-as úthálózat (ArcMagyarország fedvény) alapján számított statikus változatát (ebben az ArcGIS 10.1 szoftver Network Analyst alkalmazása volt segítségünkre). Bár az úthálózat (különösen a gyorsforgalmi utak rendszere) jelentősen változott a rendszerváltást követően, éppen ennek torzító hatása miatt döntöttünk a 2013-as állapot figyelembe vétele mellett. Hasonlóan a települések közigazgatási besorolása, illetve népességszáma tekintetében a 2015-ös állapothoz igazodtunk.

Az általunk kiválasztott térparaméterek a következők voltak, amelyekkel igyekeztünk jellemezni az elmaradott települések térbeli el- és átrendeződésének sajátosságait:

- Budapesttől mért legrövidebb távolság közúton kilométerben;
- Legközelebbi megyeszékhelytől számított legrövidebb közúti távolság kilométerben;
- Legközelebbi járásszékhelytől (2015.01.01-től hatályos járásbeosztásban) számított legrövidebb közúti távolság kilométerben;
- Legközelebbi 20000 lakosnál népesebb várostól számított legrövidebb közúti távolság kilométerben;
- Legközelebbi várostól számított legrövidebb közúti távolság kilométerben;
- Hegyeshalomtól számított legrövidebb közúti távolság kilométerben (*1. táblázat*)

1. táblázat A különböző térparaméterek értékeinek alakulása a kedvezményezett településekre számítva 1991 és 2015 között, km-ben

Közúton mért legrövidebb átlagos távolság	1991	1993	1996	1997	1999	2003	2006	2015
Budapesttől	67,12	70,17	66,83	67,35	66,64	66,76	64,10	67,87
a legközelebbi megyeszékhelytől	15,38	16,72	16,10	16,24	16,17	16,38	16,03	16,29
a legközelebbi járásszékhelytől	4,86	5,38	5,47	5,69	5,58	5,72	5,55	5,35
a legközelebbi min. 20000 lakosú várostól	13,13	13,96	13,19	13,19	13,14	12,94	12,35	13,11
a legközelebbi várostól	3,90	4,36	4,35	4,53	4,44	4,51	4,30	4,24
Hegyeshalomtól	89,95	100,20	99,36	97,00	97,12	96,47	94,90	100,75

Sajnos a lehatárolásokban erősen ingadozó elemszám hatását nem lehet kiküszöbölni. Az mindenesetre egyértelműen leszűrhető, hogy a Hegyeshalomtól mért átlagos távolság meglehetősen nagy és jelentősen növekedett – bár ennek oroszlánrésze már az 1990-es évek elején lezajlott. Ezt elsősorban az ország térszerkezetének dinamikus átalakulásával, az északnyugati országrész fel- és a keleti területek leértékelődésével lehet magyarázni (NEMES NAGY J. 1998).

A térszerkezet átalakulásának másik fontos dimenziója – a főváros-vidék kettősség – elméletileg a Budapesttől való növekvő távolságban jelenhetne meg. A távolság viszonylag magas értéke egyértelműen jelzi Budapest hatását és az elmaradott települések ehhez képest excentrikus elhelyezkedését. Azonban a fővárostól mért átlagos távolság összességében véve nem növekedett a teljes időszakot tekintve, ennek pedig egyértelműen a fővároshoz relatíve közel eső nógrádi térség akkumulálódó problémaköre az oka.

Hasonló okra vezethető vissza a legközelebbi minimum 20000 lakosú várostól (összesen 59 ilyen város volt 2015-ben) mért távolság teljes időszakra jellemző, összességében véve változatlansága. Ebben pedig komoly szerepe van a Komló és Ózd közvetlen szomszédságában koncentrálódó, elmaradott települések körének.

A megyeszékhelyek nagyobb méretének és erősebb kisugárzásának hatása lehet az, hogy szerény mértékben növekvő átlagtávolságok figyelhetők meg a teljes időszakban.

A járásszékhelyek (Budapesten kívül 174 központ) és a városok (346 városi rangú település 2015-ben) már nagyobb számban voltak a pontthalmazban, így természetesen szerényebb távolságértékek jelentkeztek. Azonban az 1990-es években összességében növekvő (vagyis a központoktól szerény mértékben távolodó) átlagos érték az ezredforduló után ismét csökkenni kezdett. Ennek okai között pedig az is

2.táblázat A legközelebbi szomszéd index

A legközelebbi szomszéd index:	1991	1993	1996	1997	1999	2003	2006	2015
L-érték	0,541	0,638	0,687	0,686	0,674	0,700	0,717	0,687

megfogalmazható, hogy a városi rangú települések fejlődési pályái sem mutatnak egyértelműen kedvező képet – nyilván regionálisan komoly különbségeket hódosva.

A legközelebbi szomszéd analízis (L-érték) jó lehetőséget kínál a koncentráció folyamatának kifejezésére, a ponteloszlás összehasonlító vizsgálatán keresztül (a módszerről részletesebben lásd. HERENDI I. ET AL. 1996; CZIRFUSZ M.–SZABÓ P. 2008, PFENING V. 2010). A módszer a véletlenszerű ponteloszláshoz viszonyítva fejezi ki nem csak az eloszlás típusát, hanem mértéket is rendel hozzá (értékkészlete 0 és 2,149 közé esik). További pontelemzési eljárásoktól – pl. súlypont-számítás, területi autokorreláció számítása – eltekintettünk a korlátozott mozgáster okán (pl. a bináris attribútumok miatt).

Jelen vizsgálat keretében is készítettünk legközelebbi szomszéd számítást, amellyel a pontszerűen ábrázolt elmaradott településállomány koncentrátságát, illetve koncentráció-dekoncentráció folyamatait kívántuk megragadni. A legközelebbi szomszéd index számítását a Quantum GIS 2.6.0 Brighton verziójával készítettük (2. táblázat).

Bár a legközelebbi szomszéd analízis eredményeiből messzemenő következtetéseket nem érdemes levonni, azonban az elmaradott települések csökkenő koncentrátságát mutatja a folyamat egészen a 2006-os évig. 2015-re azonban ismét a koncentráció felé mozdult el az index. Fontos ugyanakkor hangsúlyozni, hogy ezek az eredmények önmagukban komoly koncentrátságot feltételeznek az elmaradott településekre vonatkozóan.

Összefoglalásként elmondható, hogy a kísérleti jellegű vizsgálatunk számos kérdést még nem tudott megválaszolni (részben az adatbázis adta korlátozott mozgáster okán). Nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy a hazai térszerkezetben az északkeleti és délnyugati térségekben összpontosul az elmaradott települések zöme, amely kétpólusosság több módszer eredményeit is lerontja. Ez már önmagában elegendő feladatot ad a vizsgálat folytatásához és további térparaméterek (pl. megye- és országhatár) szerepének feltárásához, valamint a nagyobb téregységeken belüli folyamatok elkülönített elemzéséhez.

## Felhasznált irodalom

- CZIRFUSZ M.–SZABÓ P. (2008): A legközelebbi szomszéd analízis és alkalmazási lehetőségei. *Területi Statisztika*, 3. pp. 281–294.
- HERENDI I.–LENGYEL I.–NEMES NAGY J.–SIKOS T. T.–SZÓNOKYNÉ ANCSIN G.–SZÖRÉNYINÉ KUKORELLI I.–SZÖRÉNYI M. (1996): Társadalomföldrajzi elemzések számítógépen. JATEPress, Szeged, 194 p.
- KOÓS B. (2015): A szegénység és depriváció a magyar településállományban az ezredfordulót követően – avagy kísérlet a települési deprivációs index létrehozására. *Tér és Társadalom*, 29., 1. pp. 53–68.
- KOVÁCS K. (2010): Területi-társadalmi egyenlőtlenségek a rendszerváltozás utáni Magyarországon. In: *Párbeszéd és együttműködés. Területfejlesztési Szabadegyetem 2006–2010.* (szerk. Fábián A.), Nyugat-Magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 15–32.
- LACKÓ L. (1975): Magyarország elmaradott területei (Egy kutatás eredményei és tapasztalatai). *Földrajzi Értesítő*, 3. pp. 243–269.
- LŐCSEI H.–SZALKAI G. (2008): Helyzeti és fejlettségi centrum–periféria relációk a hazai kistérségekben. *Területi Statisztika*, 3. pp. 305–314.
- NAGY A. (2012): A fejlettség, elmaradottság mérése a magyar területfejlesztési politikában. PhD doktori értekezés, ELTE TTK, Budapest, 150 p.
- NEMES NAGY J. (1998): Vesztesek – nyertesek – stagnálók (a társadalmi-gazdasági változások regionális dimenziói). *Társadalmi Szemle*, 8–9. pp. 5–18.
- PÉNZES J. (2011): A jövedelmi szempontból elmaradott települések területi átrendeződése a rendszerváltozás után. *Földrajzi Közlemények*, 135., 1. pp. 59–69.
- PÉNZES J. (2012): Fent és lent – a települési jövedelmi rangsor szélsőértékeinek vizsgálata. – In: *Térfolyamatok, térkategóriák, térelemzés.* (szerk. Nemes Nagy J.), Regionális Tudományi Tanulmányok 16. ELTE RTT, Budapest, pp. 44–60.
- PÉNZES J. (2015): A kedvezményezett térségek lehatárolásának aktuális kérdései. *Területi Statisztika*, 55., 3. pp. 206–232.
- PFENING V. (2010): A legközelebbi szomszéd analízis alkalmazásának problémái és lehetőségei a módszer kiterjesztésére. *Területi Statisztika*, 1. pp. 22–33.
- SZALKAI G. (2001): Elérhetőségi vizsgálatok Magyarországon. *Falu Város Régió*, 10., pp. 5–13.
- SZALKAI G. (2012): A járáások kialakításának módszertani megalapozása. *Területi Statisztika*, 3., pp. 215–229.
- TÓTH G. (2006): Centrum-periféria viszonyok vizsgálata a hazai közúthálózaton. *Területi Statisztika*, 5., pp. 476–493.
- 105/2015. (IV.23.) kormányrendelet – a kedvezményezett települések besorolásáról és a besorolás feltételrendszeréről



# Archív légifelvétel alapú morfológiai vizsgálatok a Berettyó folyó hazai szakaszán

Plásztán József Zsolt<sup>1</sup> – Csajbók Zoltán<sup>2</sup> – Tóth Csaba Albert<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, plasztanj@gmail.com

<sup>2</sup> BSc hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, csajbokzoli@gmail.com

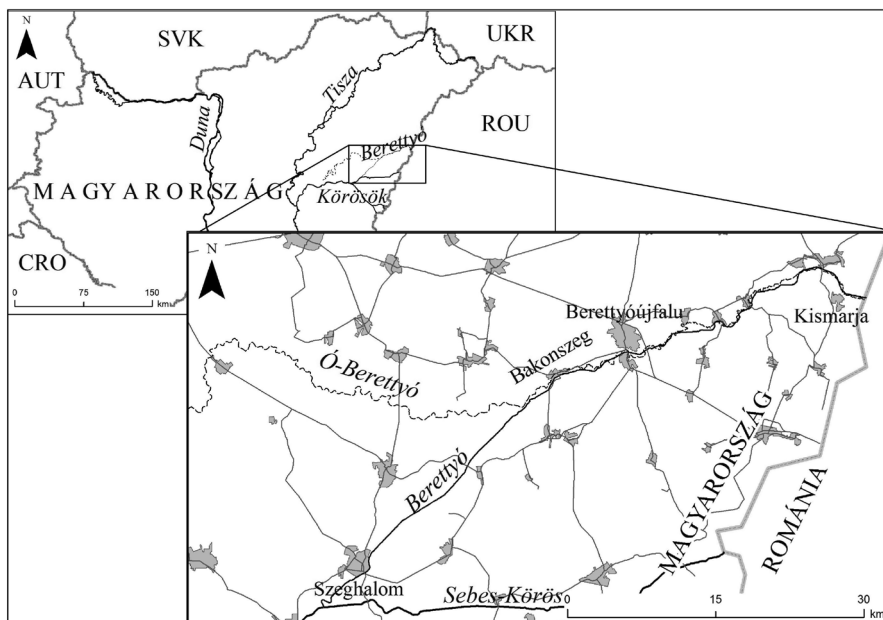
<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, toth.csaba@science.unideb.hu

**Abstract:** In this study we dealt with change of channel development along its long section of Berettyó River in Hungary. Our investigation is based on archive military surveys and aerial images taken for military and civil purposes. Our aim was to identify changes of natural and antropogenous channel morphology occurred after river regulation which could have been observed in aerial images taken since the 1950's, and to measure changes in length of Berettyó. The archive images were separated into seven time periods of examination. In the whole section of domestic course of Berettyó, the observed changes in length between the examined time periods proved to be negative in the course of time; however, the changes in length caused by the natural meander development in case of Kismarja section proved to be positive.

## Bevezetés

A 19. és 20. századi beavatkozásoknak köszönhetően a Berettyó Magyarország legerőteljesebben szabályozott folyójává vált (DÓKA K. 1997). A romániai Réz-hegységből eredő Berettyó folyó a folyószabályozásokat megelőzően Szalárdnál kilépve az Alföldre hatalmas kanyarulatokat fejlesztve futott Ny-ÉNy-i irányba a Nagy-Sárrét mocsárvidéke felé. Ez a mély fekvésű terület volt egykoron a K-Alföld legnagyobb kiterjedésű mocsara, amelynek a Berettyó folyó egész évben biztosította a vízutánpótlást. A Nagy-Sárrétet elhagyva déli irányba fordulva Mezőtúr város határában érte el végső befogadóját, a Nagy-Köröst. A 19. század közepén elkezdett folyamszabályozási munkálatok ezt a vízrajzi állapotot gyökeresen megváltoztatták.

Az Alföldre kilépő folyót Szalárdtól Kismarjáig egy 14,4 km hosszú mesterséges csatornába terelték, Kismarja és Bakonszeg közötti szakaszán pedig 44 túlfejlett kanyarulat átvágásával szabályozták a folyót. A torkolati szakasza is teljesen megváltozott, hiszen Bakonszeg és Szeghalom között, az egykori Körös ártéren 1855-re közel 20 km hosszú új medret ástak ki a folyó számára (*1. ábra*). Ezzel a Berettyó közel 106 km hosszú északnyugati kiágazását vágták le, teljesen elterelve azt a Nagy-Sárrét mocsárvidékétől, és jelenleg Szeghalomnál torkollik a Sebes-Körösbe (IHRIG G. 1973; SOMOGYI S. 2000).



1. ábra A vizsgált folyószakasz elhelyezkedése

E szabályozási munkálatok következtében a folyó teljes hossza 364 km-ről 204 km-re csökkent. A Berettyó egy alulról szabályozott, szűk mederrel (8–35 m) és hullámtérrel (100–150 m, helyenként 300–400 m) rendelkező belvízi főbefogadó, ahol a legtöbb csatorna (Ér-, Kis-Körös-, Kálló-, Kutas-csatorna) a magyarországi szakasz középső és alsó részéhez kapcsolódik (KORBÉLY J. 1916, 1917). A vízrendszer szabályozásának 1865. évi befejezését követően mind a hazai, mind pedig a romániai szakaszokon számos fejlesztés történt. E munkálatok nemcsak a vízfolyás töltésrendszerét, hanem annak hullámterét és mederszelvényeit is érintették (HECKER L. 1982).

A fokozott emberi beavatkozás hatására megváltozott fluvialis környezetben szemi-antropogén folyamatok indukálódtak, mely idővel kockázati veszélyt hordozhatnak magukban (SZABÓ ET AL.). Ezen természetes válaszreakciók a Berettyó esetében habár mérsékeltten jelennek meg, évek távlatában azért kimutathatóak. A dolgozatban vizsgált 55 év (1950–2005) mederváltozásait eredetük (antropogén, természetes) szerint azonosítottuk, majd a Berettyó kismarjai szelvényén, valamint a teljes hazai szakaszon hét vizsgált időszakban hosszváltozásokat mértünk.

## Alkalmazott módszerek

### *Térinformatikai analízis*

A vizsgált 55 évben (1950–2005) bekövetkezett változásokat a rendelkezésünkre álló archív légifelvételek húsz időpillanatban (1950, 1951, 1952, 1955, 1956, 1961, 1962, 1963, 1966, 1967, 1970, 1971, 1974, 1978, 1979, 1987, 1989, 1990, 2000,

1. táblázat A légi felvételek száma és csoportosítása

Felvételek időponja	Eredeti felvételek száma	Georeferált felvételek száma	Időszakok szerinti felvételek száma
1950	- 1	- 1	I. időszak= <b>18</b> 1950-1952
1951	- 18	- 15	
1952	- 4	- 2	
1955	- 20	- 15	II. időszak= <b>37</b> 1955-1963
1956	- 4	- 4	
1961	- 3	- 2	
1962	- 3	- 2	
1963	- 43	- 14	
1966	- 91	- 35	III. időszak= <b>110</b> 1966-1974
1967	- 112	- 61	
1970	- 8	- 3	
1971	- 10	- 4	
1974	- 14	- 7	
1978	- 82	- 29	IV. időszak= <b>36</b> 1978-1979
1979	- 7	- 7	
1987	- 6	- 5	V. időszak= <b>40</b> 1987-1990
1989	- 30	- 19	
1990	- 17	- 16	
2000	- 14	- 14	VI. időszak= <b>14</b>
2005	- 32	- 32	VII. időszak= <b>32</b>
<b>Összesen:</b>	<b>519</b>	<b>287</b>	

2005) örökítették meg. A fotódokumentációk a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtárából, a Földmérési és Távérzékelési Intézet légifilmtárából (fenrol.hu internetes felületről), valamint Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztályáról származnak.

A légi- és műholdfelvételek EOV vetületi rendszerbe történő transzformálását Global Mapper programban, míg a felvételek egymásra való fedését, a vizsgált morfológiai változások digitalizálását ArcGIS szoftverkörnyezetben végeztük el. A képtranszformációk alapját a geokorrigált MADOP2000/2005-ös felvételei biztosították. A vetületi transzformáció során átlagosan 8–12 illesztési pont felvételével affin-, illetve polinomiális transzformációkat alkalmaztunk.

Az összesen 519 db rendelkezésünkre álló légifelvételtől 255 db felvétel vetületbe illesztését kellett elvégezni. A légifelvételek egyenlőtlen területi lefedettsége miatt az eltérő, de közel azonos időpillanattól származó fotósorozatokat egy időszakként kezeltük. Az így létrejött csoportok felvételei között ugyan átfedések keletkeztek, viszont egymást hézagmentesen ki tudták egészíteni. Az átfedések esetében a rosszabb felbontású, alacsony felvételszámú sorozatok felvételeit a további műveletből kivontuk. Az így megalkotott hét időszak (1. táblázat) fotósorozatainak egységesen a Berettyó folyó fő-sodorról digitalizáltuk.

## Eredmények

### *Georeferálás pontosságának értékelése*

A légifelvételek georeferálása során a célterület legpontosabb illeszkedésére törekedtünk. A felvételek felbontása a kijelölt időszakokon belül is változott. A Hadtörténeti Térképtárból és a Földmérési és Távérzékelési Intézetből származó felvételek felbontása sok esetben meghaladta a MADOP 2005 légi felvételeit. Az időszakonként bemutatott légifelvételek felbontását a 2. táblázat összegzi. A méterben kifejezett értékek egy pixel élhosszára eső valós távolságokat adják meg.

A georeferálás pontosságát befolyásolta a felvételek felbontása és a felszíni illesztőpontok mennyisége, esetenként hiánya. A további műveleteknél azon felvételeket használtuk fel, melyek felbontása, illetve a georeferálást követően a pontossága a legkedvezőbben alakult. Mivel a georeferálást a MADOP 2005 vetületbe illesztett felvételei alapján végeztük, így a pontosságvizsgálatban az utolsó időszakot (2005) figyelmen kívül hagytuk. Az alábbi ábrán azon hat időszak és annak összesített felvételeinek GCP (Ground Control Point) pontjainak pontosságát mutatjuk be, amelyeket a további műveletnél felhasználtunk (2. ábra).

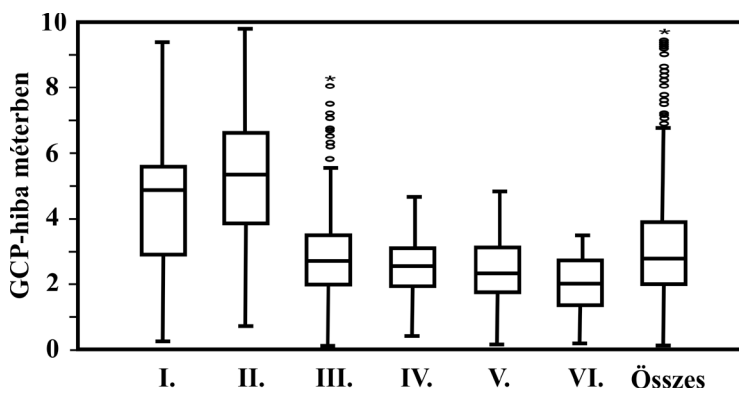
A vetületbe illesztés legnagyobb nehézségét az 1950-es évek felvételei jelentették, ahol az illesztő pontok megadása okozta a legnagyobb feladatot. Ennek eredménye, hogy a legrégebbi felvételeknek (I. és II. időszak) kisebb, míg az időben hozzánk közelebb álló felvételek esetén (III. és VI. időszak) nagyobb a pontosság. Összességében viszont elmondható, hogy a vizsgált időszakok felvételeinek vetületbe illesztése átlagosan ~3 méteres hibahatárral történt.

Amennyiben a vetületi transzformáció során, a felvétel egészén nem találtunk megfelelő illesztő pontokat, akkor csak a folyómeder környezetében törekedtünk felvenni az illesztéseket, figyelmen kívül hagyva a felvétel azon részeit, amik a vizsgálat szempontjából lényegtelenek. Ennek köszönhetően megfigyelhető, hogy a GCP hibák lényegesen magasabb értéket vesznek fel az X irányba minden időszak esetén. Az X és Y irányú hibák eltéréseit az alábbi diagramok hat időszakra lebontva, valamint összesítve mutatják be a (3-4. ábra).

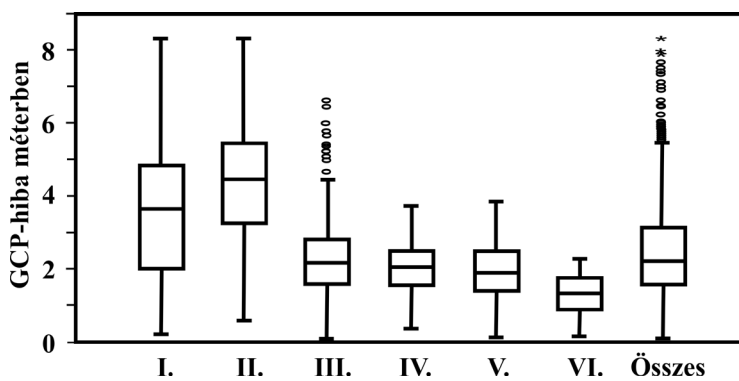
Az Y irányú hibák pontosabb voltát a Berettyó hazai szakaszának Ny-DNy-i irányultsága, valamint a folyómeder körzetében felvett GCP pontok többségének dominanciája indokolja.

2. tábla A hét időszakban előforduló légi felvételek pixel felbontása

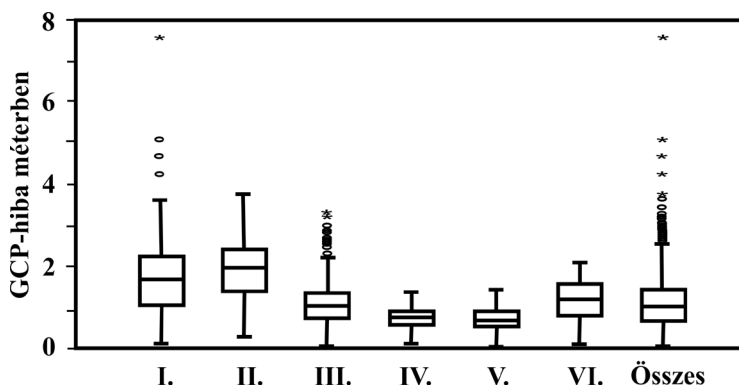
I. 1950-1952	II. 1955-1963	III. 1966-1974	IV. 1978-1979	V. 1987-1990	VI. 2000	VII. 2005
1,3 m	0,48 m	0,13 m	0,18 m	0,2 m	2 m	1 m
	0,5 m	0,2 m	0,33 m	1,3 m		
	1,3 m	0,25 m		1,6 m		
		0,3 m		3,8 m		
		2,5 m				



2. ábra A hét időszak felvételeinek GCP értékei box-plot diagramon



3. ábra Az X koordináta GCP értékeinek Box-plot diagramja



4. ábra Az Y koordináta GCP értékeinek Box-plot diagramja

### ***A lokális morfológia változásvizsgálatok eredményei***

A felvételecsoportok összehasonlításánál megfigyelt folyóvízi formák és folyamatok a felbontás eltérősege ellenére jól meghatározhatóak voltak. A légifelvételek egyértelműen bizonyítják a folyómederben keletkezett fluvialis formakincs jelenlétét, a meder morfológiájának időbeni változását.

A Berettyó hazai szakaszán eddig megfigyelt mederüledékek nem tekinthetők stabil felhalmozódásnak, sőt folyás irány szerinti többszörös áthalmazódást mutattak (PLÁSZTÁN ET AL. 2016). Ismert tény továbbá, hogy a hazai szakaszon a folyószabályozást követően számos, légifelvételekkel is igazolt mederáthelyezés történt (PLÁSZTÁN J. 2015, PLÁSZTÁN ET AL. 2015). Az alábbi ábrsorozaton, a szűk hullámtéren (~100 m) kiegyenesített folyószakasz természetes mederfejlődését mutatja be (5. ábra).

A vetülethelyes felvételeken lemerő Kismarjai híd és az országhatár közötti szakasz a szabályozást követően 1726 m volt (1860). A hét időszakban megvizsgált folyószakasz hosszváltozását a 3. táblázat összegzi.

Az 5. ábráról és a 3. táblázat értékeiből megállapítható, hogy a kiegyenesített folyómederben kifejlődött váltakozó oldalzátonyok a sodorvonal futását eltérítették, megteremtve ezzel a megszülető meanderek feltételrendszerét, valamint a vizsgált folyószakasz hosszában bekövetkezett változásokat. Az oldalzátonyok, valamint a meanderek folyás szerinti előrehaladása pedig az üledéktestek translációs akkréciójához kapcsolódó mechanizmust támasztja alá. Az időegységek közötti hosszváltozások – két eset kivételével – pozitív előjelűek, melyek a természetes meanderek folyamatos kifejlődését igazolják. A két negatív irányú hosszváltozást a II. és III. időszak, valamint a V. és VI. időszak közötti mederkorrekciók okozták.

### ***A hosszváltozás-vizsgálat eredményei***

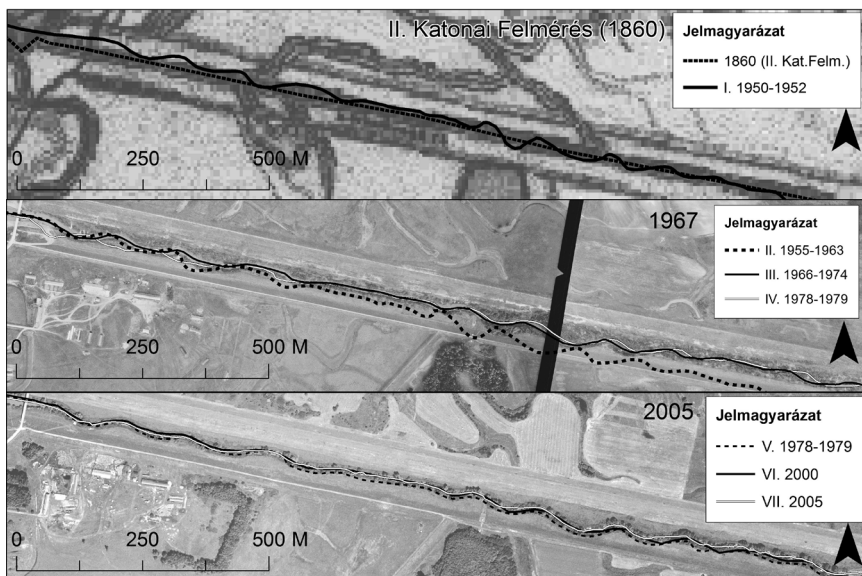
A hét időszakban mért fő-sodorvonal hosszak a georeferálási nehézségek miatt nem tekinthetők torzulásmentesnek, tekintettel viszont arra, hogy az átlagos illesztési hiba ~3 méteres, valamint a vizsgált folyó teljes hossza 76400–74286 méter között, 110–1239 méter hosszváltozással ingadozott, így az értékelésnél a torzulástól

3. tábla A Berettyó kismarjai folyószakaszának hosszváltozása (1950-2005)

I. 1950-1952	II. 1955-1963	III. 1966-1974	IV. 1978-1979	V. 1987-1990	VI. 2000	VII. 2005
1812 m	1826 m	1786 m	1802m	1806 m	1788 m	1800 m

4. tábla A Berettyó teljes hazai szakaszának hosszváltozása (1950-2005)

I. 1950-1952	II. 1955-1963	III. 1966-1974	IV. 1978-1979	V. 1987-1990	VI. 2000	VII. 2005
76 400 m	76 141 m	74 902 m	74 625 m	74 290 m	74 400 m	74 286 m



5. ábra A Berettyó mederfutásának idősoros képe a kismarjai híd alatti szakaszcól

jelen esetben eltekintünk. Az 4. táblázatban a hét időszakban vizsgált Berettyó hazai hosszváltozását mutatjuk be.

A kijelölt időszakok közötti hosszváltozások az alábbiak szerint alakultak: -259, -1239, -277, -335, +110, -114. Ezen értékek jól mutatják, hogy a folyószabályozást követően a mai napig folyamatos a mederkorrekciók végzése. Az előző fejezetben bizonyosságot nyert, hogy a folyó természetes meander fejlődése következtében pozitív irányú hosszváltozás tapasztalható. Azonban az antropogén beavatkozások folyamatos jelenléte miatt, az egész hazai szakaszon a vizsgált időszakok között viszont többnyire negatív hosszváltozást mértünk.

## Összegzés

A kis esésű, szabályozott alföldi vízfolyásoknál, így a Berettyó esetében is az üledék akkumulációja kanyarulatfejlődést generál, mely idővel hosszváltozást eredményezhet. A szűk hullámtéren vezetett Berettyó folyó ezen „elvadulni látszó” kanyarulatait a vízügyi szakemberek időről időre újraszabályozzák. Ez a váltakozó természeti-emberi vívódás okozza, hogy az általunk vizsgált időszakok közötti hosszváltozás nem egy folyamatosan csökkenő, vagy növekvő, hanem egy ingadozó értéket mutat, mind egy kiemelt szakasz, mind pedig a teljes hazai szelvény esetében.

A Berettyó folyó hazai szakasza, mint közép- és alsószakasz jellegű vízfolyás a szállítás és felhalmozódás egyensúlya körüli ingadozással jellemezhető. Az egyensúlyban bekövetkező kismértékű ingadozások kimutatása szempontjából a légi felvételek idősoros vizsgálata jó eszköznek bizonyult. További vizsgálati irány lehetne az egyes meanderek, üledéktestek oly módú értékelése, hogy a



zátony- ill. kanyarulatfejlődés az alsó-középszakasza jellemző expansziós, vagy a felső-középszakasza jellemző transzlációs stádiumában van-e. Ezen vizsgálatok eredményeként meghatározhatóvá válna a Berettyó kanyarogva feltöltő, vagy a kanyarogva bevágódó szakaszegységeinek jellege, mely a jövőben elősegíthetné a vízügyi hatóságok eredményesebb munkáját.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatta az Emberi Erőforrások Minisztériuma megbízásából az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által meghirdetett „Egyedi fejlesztést biztosító ösztöndíjak” c. pályázat (Nemzeti Tehetség Program NTP-EFÖ-15).

## Felhasznált irodalom

- DÓKA K. (1997): A Körös és Berettyó vízrendszer szabályozása a 18–19. században, (Egy táj átalakulása), Békés Megyei Levéltár háziinyomdája, Gyula, 345 p.
- HECKER L. (szerk.) (1982): Árvízvédelmi nyilvántartási terv, 09.05 Árvízvédelmi szakasz műszaki leírása, Kézirat, TiVIZIG adattára, Debrecen, 27 p.
- IHRIG D. (szerk.) (1973): A magyar vízszabályozás története, Országos Vízügyi Hivatal (OVH), Budapest, 389 p.
- KORBÉLY J. (1916): A Körösök és a Berettyó szabályozása, Első rész, Vízügyi Közlemények, Budapest, pp. 173–221.
- KORBÉLY J. (1917) :A Körösök és a Berettyó szabályozása, Második rész, Vízügyi Közlemények, Budapest pp. 1–150.
- PLÁSZTÁN J.–JÁNÓSZKY M.–MCINTOCH R. W.–TÓTH Cs. (2016): Studying environmental load in the river bed sediments of Berettyó river at Berettyóújfalu, East Hungary, (megjelenés alatt)
- PLÁSZTÁN J. (2015): Fluviális formák geoinformatikai elemzése alföldi mintaterületeken-kézirat, Alkalmazott Geoinformatikus szakdolgozat, DE Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék adattár, 34 p.
- PLÁSZTÁN J.–JÁNÓSZKY M.–TÓTH Cs. (2015): Geoinformatikai és környezetanalitikai módszerekkel történő korbecslés recens fluviális üledéktestekben, VI. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás konferenciakötete, Debrecen, pp. 339–346.
- SOMOGYI S. (szerk.) (2000): A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 302 p.
- SZABÓ J.–LÓKI J.–TÓTH Cs.–SZABÓ G. (2008): Natural hazards in Hungary, In: Kertész Á.–Kovács Z (szerk.) Dimensions and trends in Hungarian geography: Dedicated to the 31st International Geographical Congress, Tunis, 12–15 August 2008. 240 p. Budapest: Geographical Research Institute Hungarian Academy of Sciences, pp. 55–68.

# A bűnözéstől való félelem mérése egy webalkalmazás segítségével

Pődör Andrea<sup>1</sup> – Rácskai Patrik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> egyetemi docens, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet,  
podor.andrea@amk.uni-obuda.hu

<sup>2</sup> fejlesztő, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet,  
patrik.racscai@gmail.com

**Abstract:** In this study the authors evaluate the use of a Google API web application for testing the measurement of citizens' fear of crime. Nagykanizsa, a relatively small settlement was selected as a pilot area. The application user had the possibility to show areas where they felt safe or on the contrary they felt fear. They indicated places with points and territories with polygons. In this study the authors introduce how the application was developed and how test persons used it.

## Bevezetés

A 90-es évek politikai változásai Magyarország számára is új lehetőséget nyitottak meg. A pozitív változások mellett ez azt jelentette, hogy a bűnözők is szabadon mozoghattak (SALLAI, 2003). A bűnözés mértékének növekedése sokkolta az országot, de számos tényező következtében elmondható, hogy a rendőrség sokkal hatékonyabban működik (SALLAI, 2003). Az átlag- emberek sokkal nagyobb mértékben félnek a bűnözéstől, mint azt a rendőrségi statisztikák indokolnák, habár az egzakt kutatás e téren még hiányzik, illetve ennek végrehajtása sok nehézségbe ütközik.

A bűnözéstől való félelem „fear of crime” jelenségét FERRARO ÉS LA GRANGE (1987) definiálta először. Az általuk megalkotott fogalom a bűnözéstől való félelmet, negatív érzelmi megnyilvánulásként definiálta, melyet vagy a bűnözés vagy a bűnözéssel kapcsolatos szimbólumok váltanak ki.

DORAN ÉS BURGESS (2012) írta le először azt a tényt, melyet számos a témában született kutatás is feltárt, mely szerint a bűnözéstől való félelem bizonyos környezeti jellemzőkkel leírható területekre koncentrálódik.

Ugyancsak LEDERER ÉS LEITNER (2012) Linzre vonatkozó kutatása is feltárta, hogy a betöréstől való félelem bizonyos forró pontokhoz (hot spots) köthető és bizonyos statisztikai jellemzőkkel bizonyítható, hogy az egyes kerületek térben elkülönülnek egymástól e tekintetben, sőt a technikai védelem nélküli területek is jól kimutathatóak voltak.

Hazánkban a bűnözéstől való félelem kutatásának egyik első és legátfogóbb kutatását egy EU-s projekt keretében Kó végezte 2005-ben. A kutatás során egy komplex kérdőívet használtak és kb. 10000 válaszadót kérdeztek meg az ország teljes

területén, az eredményt megyei szinten elemezték, de városi szinten nem tártak fel semmilyen tendenciát.

SALLAI ÉS MÁTYÁS 2015-ben vizsgálta 9 magyar városban élők szubjektív és objektív biztonságérzetét. Rendőrségi statisztikát használtak, mint objektív adatot, a feldolgozás a városok egészét értékelte és nem tett különbséget az egyes városrészek között. A szubjektív biztonságérzetet is vizsgálták, de a cikk nem világít rá arra, hogy konkrétan milyen mutatókat vettek figyelembe, mindössze arra utalnak, hogy Nyíri 2005-ös eredményeire alapozzák megállapításaikat.

Jellemző jelenség, hogy a bűnözéstől való félelem növekedésével párhuzamosan az állampolgárok nagy többsége a bűnözés és a roma kisebbség közti kapcsolatot vélnek felfedezni. A Nézőpont 2008-as elemzésében a válaszadók 91%-a szerint létezik, az ún. roma bűnözés. Jelenleg a hivatalos statisztikákban nem rögzíthető az elkövetők etnikai hovatartozása.

Fontos felhívni azonban arra a figyelmet, hogy a bűnözéstől való félelem és az előítéletesség szorosan kapcsolódnak (SKOGAN, 1995). A rendszerváltást követően számos tanulmány foglalkozott a magyar népesség növekvő előítéletességével (PATAKI, 1997; ERŐS, 2007; POLITICAL CAPITAL, 2008). A tanulmányok különböző háttere és módszerei ellenére az egyik legjellemzőbb eredmény az, hogy a roma kisebbség a legelutasítottabb a magyar felnőtt lakosság körében.

Egy 2013-as tanulmány (PÖDÖR–DOBOS 2014), Kalocsa területét vizsgálta. Az eredmények a roma kisebbség területi elhelyezkedése és a bűnözéstől való félelem között térbeli korrelációt mutatott, ugyanakkor a hivatalos rendőrségi statisztikák nem támasztották alá az eredményeket. A kutatás során papír alapú kérdőíveket és térképeket használtak a kutatók.

EVANS ÉS WATERS (2007) webes alkalmazást fejlesztettek ahol a felhasználók pontok lerakásával jelezhetik a „fertőzött területeket”. Az eredmények feldolgozásával egy sűrűségeloszlási térképet szerkesztettek.

SOLYMOSI ÉS TÁRSAI (2015) napjainkban fejlesztették ki a FOCA programot. Az alkalmazás célja az, hogy korrekt módszerrel jelezze a bűnözést térben és időben. Az alkalmazás fejlesztői a közlekedésre koncentráltak. A mobilos alkalmazás felhasználásával jelezhetik, hogy hol, mikor, mennyire félnek vagy érzik biztonságban magukat az utazás során.

Számos más tanulmány ún. mentális térképek használatával próbálja feltárni a félelmet és a stresszt. Matei 2005-ben Los Angeles-ben alkalmazott mentális térképeket. 215 térképet dolgozott fel hét körzetre vonatkoztatva térinformatikai rendszerben. Az eredmény rámutatott arra, hogy a válaszadók bűnözéstől való félelme elsősorban bizonyos etnikumok egy adott területhez köthető nagyobb és koncentrált jelenlétével függ össze.

Mivel a rendőrség nem hozott létre olyan szisztematikus bűnözéstől való félelemmel kapcsolatos mérést, mint például az angol rendőrség, ezért célunk egy olyan egyszerű webes applikáció létrehozása volt, amely alkalmas ennek az érzetnek

a detektálására, azáltal hogy a válaszadók elkészíthessék saját mentális térképüket. A következő lépésben az így nyert adatok összevethetőek a rendőrségi hivatalos statisztikai adatokkal. A kettő közti különbség esetlegesen mélyebb szociális problémákat is feltárhat. Az alkalmazás tesztelését Nagykanizsán végeztük.

## **Mintaterület**

Az alkalmazás tesztelésére egy közepes méretű magyar várost választottunk. Néhány előző tanulmány kimutatta (MATEI ET AL, 2005; PÖDÖT ET AL. 2013), hogy a bűnözéstől való félelem összefüggésbe hozható a kisebbségekkel, így olyan települést választottunk, ahol a roma kisebbség bizonyos meghatározható területen él. A roma kisebbség térbeli elhelyezkedésével már 1970 óta foglalkoznak szociológiai tanulmányok (MATOLAY–VEKERDI, 1970). Nagykanizsa ebből a szempontból ideális választásnak tűnt. A város mintegy 48 ezer lakosú, a horvát és szlovén határ közelében található. A településen a korábbi szovjet laktanya rossz szociális helyzetű, főként kisebbségi lakosok elszállásolására szolgál. Bűnügyi fertőzöttség tekintetében átlagosnak mondható a település. Az integrált városfejlesztési terv szerint a kisebbséget kivéve a lakosság száma csökkenő tendenciát mutat. A térbeli szegregáció némileg jellemzi a várost. Bizonyos településrészekben jellemzően rosszabb szociális viszonyok között élő, halmozottan hátrányos helyzetű emberek koncentrálnak. A városvezetés tisztában van a problémával és ennek kezelésére egy anti-szegregációs tervet is készített, de ennek végrehajtásához bőségesebb anyagi forrásokra lenne szükség.

## **Anyag és módszer**

A mentális térképeknek nagy szerepük van annak a tanulmányozásában, hogyan látjuk a minket körülvevő teret (DOWN–STEA, 1973). Az, hogy egy adott tér milyen emóciókat, képzeteket generál agyunkban számos tényezőtől függ, mint például a közlekedés módja, kor, képzettség. A mentális térképeket számos célra felhasználhatjuk: várostervezés, anti-szegregációs tervek, egyenlő esélyek megteremtése, viselkedés földrajzi elemzések (LETENYEI, 2005). Az első mentális térkép alapú elemzést Stanley Milgram végezte, aki a szabad térképrajzolási (free recall) technikát alkalmazta, ahol a válaszadóknak egy üres papírra kellett rajzolniuk.

A módszerrel kapcsolatos legfőbb probléma az, hogy különböző emberek ugyanazt a területet különböző módon ítélik meg, így nehéz ezeket a térképeket egymáshoz viszonyítani, és ezáltal nehéz valamilyen összegző információt levonni. Jelenleg különböző adatgyűjtési technológiákat fejlesztettek ki a mentális térképek előállításával kapcsolatban. Leginkább valamilyen mennyiségi adatgyűjtés jellemző melyeknél elsősorban kérdőíveket alkalmaznak, vagy tisztán kvantitatív jellegű adatfelvétel, kérdőív; szabad térképrajzolatáson alapuló adatfelvételek; standardításra törekvő, oriented recall térképrajzolatás és interjú vagy kész (tér)képekből kiinduló adatfelvétel (LETENYEI, 2005). Az általunk alkalmazott webes alkalmazás a legutóbbi

módszeren alapul. Az alkalmazást online webes vagy mobilos használatra terveztük. Alaptérképnek a Google térképet választottuk.

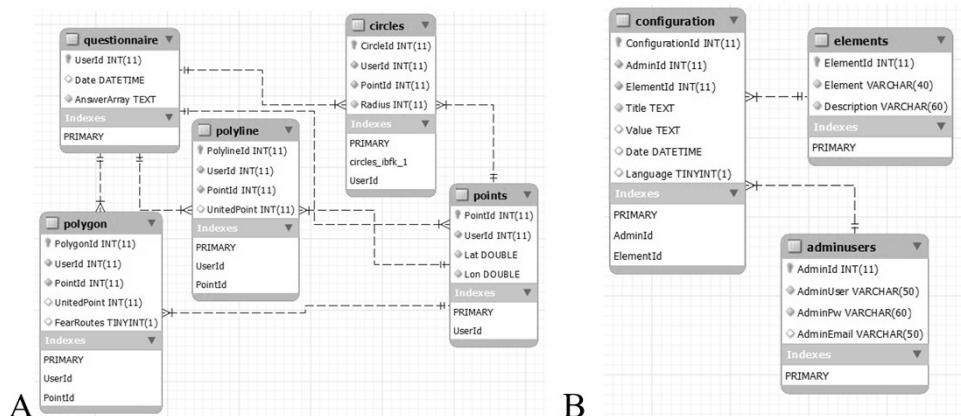
### A webes alkalmazás

A szoftver fejlesztői környezete egy ingyenes, Windows platformra szánt web szerver, ami tartalmazza az Apache http szerveret, a MySQL adatbázis-kezelőt, és a PHP-t. A phpMyAdmin egy felhasználói felületet biztosít az adatbázisokkal való kapcsolathoz.

Az adatok tárolására MySQL adatbázis lett használva. A létrejött adatbázis két logikailag különálló részre bontható. A két logikailag különálló tábla csoport két EER diagrammal (Enhanced Entity-Relationship) szemléltethető legjobban.

A 1. ábra első diagramja (A) az öt legfontosabb adattáblát mutatja, ezek azokat az adatokat reprezentálják, melyeket a felhasználók hoznak létre. A bemeneti adatok tartalmazzák a kérdőívekre adott válaszokat, valamint a térképre rajzolt elemek koordinátáit. A felhasználók rajzolhatnak pontokat, köröket, vonalakat és poligonokat. A kérdőív alapján a felhasználóknak meg kell adniuk irányítószámukat, korukat, nemüket és a leginkább jellemző közlekedési módjukat. A válaszokat a „questionnaire” tábla tárolja. Az elsődleges kulcs a UserID, ami azért is fontos, hiszen a többi táblával, illetve a felhasználók által készített rajzokkal a kapcsolat is ez alapján oldható meg. A webes oldal tartalmaz egy rövid magyarázatot arra vonatkozóan, hogy hogyan kell használni az oldalt. Az utasításokat követve a térképen berajzolhatják azokat a helyeket, ahol biztonságban érzik magukat (zöld poligon), azokat ahol félnek (piros poligon) valamint a naponta megtett útvonalukat is. Az adatbázis a megrajzolt poligonok, vonalak koordinátáit a pont táblában tárolja, az elsődleges kulcs itt is megtalálható, illetve a poligon és vonal táblákban is, ezáltal azonosíthatóak az egyes felhasználó által készített poligonok.

Az utakat a „polyline” táblában tároljuk; egy speciális attribútum; a UnitedPoint segítségével tudjuk azonosítani az egymáshoz tartozó pontokat, melyeket az egyes



1. ábra Az adatbázis EER-diagramjai



Ha bármilyen kérdése van, kérjük írjon Dr. Pődör Andreának a [podor.andrea@amk.uni-obuda.hu](mailto:podor.andrea@amk.uni-obuda.hu) email címre. Webmester: Rácskai Patrik

2. ábra A weboldal használat közben

vonalláncokat alkotják. A „polygon” táblában egy Boole típusú értéket is tárolunk, ez a FearRoutes. Ennek lényege, hogy ezáltal különíthetők el az egyes poligonok, úgy, hogy biztonságos vagy éppen fordítva, félelmet keltő helyet jelölnek. Ebben a táblában is megtalálható az ún. UnitedPoint leíró adat mely segítségével a poligonok összetartozó töréspontjait tudjuk azonosítani.

Az 1. B ábrán láthatóak a bejelentkezéshez, és az oldalkonfiguráláshoz szükséges táblák. A weboldal főoldalán tudunk adatokat bevinni, tehát itt történik a térkép megjelenítése is. A Google natív web API használatával vizualizálhatunk egy térképet, amin keresztül hozzáférünk a különféle szolgáltatásokhoz. A térkép működése Javascript segítségével valósul meg. A DrawingManager osztály biztosít egy grafikus felületet, amivel a felhasználók pontokat, köröket, útvonalakat, négyzeteket, sokszögeket tudnak létrehozni a térképen. Itt megadhatjuk, hol helyezkedjen el az eszközsor (a grafikus felület), ezen felül a kívánt alakzatokat is felsorolhatjuk a drawingModes tömbben. A weboldal (2. ábra) elérhetősége: <http://bunmegelozes.amk.uni-obuda.hu/>

A válaszadók regisztráció nélkül használhatják az oldalt, csak a kérdésekre kell megadniuk a válaszokat, illetve jelezniük kell, hogy nem robotok. Az adminisztráció természetesen jelszóhoz és azonosításhoz kötött. Az adminisztrátor konfigurálhatja az oldalt, statisztikát készíthet és letöltheti a felhasználók által felvitt adatokat. A weboldalt a webmester mobilos használatra is optimalizálta.

## Eredmények

A hipotézisünk az volt, hogy eredményeink hasonlóak lesznek mint egy előző tanulmányban (PÖDÖR–DOBOS 2014), ahol papír alapú kérdőívet használtunk. Az eredmény azt mutatta, hogy a félelmetes helyek összeköthetők a roma kisebbség



területi elhelyezkedésével, amit ellenben a rendőrségi statisztikák nem támasztottak alá.

A jelenlegi tanulmányban is olyan települést, Nagykanizsát választottunk, ahol a kisebbségek illetve szociálisan hátrányos helyzetűek egy tömbben élnek.

A weboldal tesztelésében 37 névtelen válaszadó vett részt. A többségük nő (57%), legtöbbjük a 30–45 (60%) és a 18–29 (20%) korcsoportba tartozik, csak 14%-uk 46–60 év közötti, 2 válaszadó 60 feletti.

A 37 válaszadó 127 poligont hozott létre, ebből 46% biztonságos, 53% félelmetes helyre utal. Körülbelül 1% volt a hibás poligonok aránya (1 pontból álló). Két válaszadó 8–8 poligont rajzolt, míg egy személy 1 biztonságos területet jelölt, a többség (43%) 2 poligont rajzolt általában egy biztonságos, egy félelmetes helyet bemutatva. 27% 3–4 poligont; 29% 5–8 poligont hozott létre.

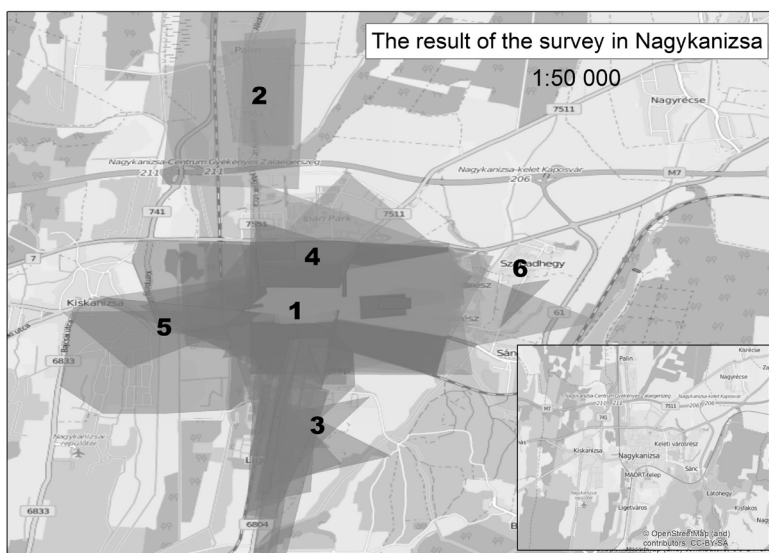
A 3. ábra mutatja be az eredményeket. Három jól elkülöníthető terület található a városban: (1) olyan területek ahol az összes poligon félelmet jelez, (2) olyan ahol mindenki biztonságban érzi magát (3) és vegyes területek. A belváros (1. szám a térképen) 36 poligon szerint biztonságos terület. Ez egy multifunkciós terület, lakó-, adminisztratív-, vallási-, oktatási, egészségügyi- és kereskedelmi funkcióval. Palin (2. terület) biztonságnak tűnik, a terület egy felső középosztálybeliek által lakott negyed. 6 poligon jelzi, hogy biztonságos.

A Csengery utcát magába foglaló Ligetváros (3. terület) szociálisan hátrányos helyzetű és roma lakosság lakóterülete. A válaszadók összesen 31 félelmet mutató poligont rajzoltak erre a területre. Hasonlóképpen a Dózsa György utca (4. terület) területét is 16 poligon jelzi félelmetesnek. Az utca közepe táján, egykori szovjet laktanyák találhatók, melyet önkényes lakásfoglalók vettek birtokba. Más területek, mint Szabadhegy (6. terület) szintén csendesnek számítanak, azonban egy válaszadó ezt félelmetesnek ítélte meg. Hasonlóan érdekes Kiskanizsa megítélése (5. terület), mely főként mezőgazdasági terület, de néhány válaszadó félelmetesnek ítélte ezt is.

## Következtetés, jövőbeni tervek

Célszerű a hasonló eredmények elérése érdekében egy egységes alkalmazást tervezni a bűnözéstől való félelem mérésére. Ez számos módon megtehető. A szerzők ebben a felmérésben a Google térképre épülő webes megoldást tesztelték. Az alkalmazás törekedik az egyszerűsége, a felhasználóknak néhány lényeges kérdést kell megválaszolniuk, de lehetővé teszi, hogy a felhasználók egy viszonylag egyszerű felépítésű weboldalon térkép segítségével berajzolhassák a félelmetes valamint a biztonságosnak számító területeket. Az eredmények alátámasztják, hogy az eszköz egy egyszerű, de jól használható eszköz a bűnözéstől való félelem mérésére. Az eredmények során azonban a meglévő preconcepcióval ellentétes eredmények is születtek, melyeket a helyi rendőrségi szakemberek sem tudtak magyarázni, ezért egy teljeskörű felmérés során mindeképp szükséges ennek a webes módszereknek a kiegészítése interjúkkal, papír alapú felméréssel. Elképzelhető, hogy a felhasználók





3. ábra A felmérés eredménye

rossz poligon típust használtak vagy nem tudták megfelelően használni a rajzi eszközt, és csak egy pontot raktak le.

Valószínűsíthető, hogy az elemszám növelésével egyre pontosabb képet kaphatunk egy-egy településről, és további terveink között szerepel a naponta megtett útszakasz illetve a biztonságosnak vagy félelmetesnek ítélt területek viszonyának vizsgálata, mely további érdekes információval szolgálhat. Valamint továbbra is szükséges az eredmények összehasonlítása a hivatalos rendőrségi statisztikával, ahogy azt korábbi tanulmányunkban is tettük.

A kutatás alátámasztja, hogy ez az alkalmazás egységesítheti a méréseket, így ezeket könnyebb összehasonlítani, ugyanakkor további vizsgálatok szükségesek.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az EU által támogatott COST Action TD1202 projekt támogatásáért.

### Felhasznált irodalom

- DORAN D. J.–BURGESS M.B.: Putting Fear of Crime on the Map: Investigating Perceptions of Crime Using Geographic Information Systems. New York, NY: Springer. ISBN: 978-1-4419-5646-0
- DOWNES, R. M.–STEA, D. (1973): Cognitive Maps and Spatial Behavior: Process and Products. In: Downes–Stea (eds.): Image and Environments. Chicago: Aldine Publishing

- EVANS, A.J.–WATERS, T. (2007): 'Mapping Vernacular Geography: Web-based GIS Tools for Capturing „Fuzzy” or „Vague” Entities' *International Journal of Technology, Policy and Management*, 7, (2) pp. 134–150.
- ERŐS, F. (2007): Irányok és tendenciák az előítéletek kutatásában [Directions and tendencies in the research of prejudice]. *Educatio*, 16(1), pp. 3–9.
- FERRARO, K.F.–LAGRANGE, R. L. (1987): The measurement of fear of crime. *Sociological Inquiry*, 57, pp. 70–101.
- KÓ, J. (2005): Félelem keletről nyugatra: A bűnözéstől való félelem területi sajátosságai Magyarországon.[Fear from the East to the West: The territorial characteristics of the fear or crime in Hungary] *Kriminológiai Tanulmányok* 42. (szerk.: Irk Ferenc), OKRI, Budapest, 2005. pp. 41–67.
- LEDERER, D.–LEITNER, M. (2012): Erfassung der stadtteilspezifischen Kriminalitätsfurcht und Verortung von Kriminalitätsfurchträumen in Linz. In: Strobl, J.–Blaschke, T. – Griesebner, G. (Eds), *Applied Geographic Information Technology 2012*. Berlin/Offenbach, Wichmann.
- LETENYEI, L. (2005): Mentális térkép szerkesztése (Preparing mental map) In: Letenyi László: *Településkutatás I*. pp. 147–185. Budapest: Ráció
- MATEI, S.–BALL-ROKEACH, S.–QIU LINCHUAN, J. (2001): Fear and Misperception of Los Angeles Urban Space: A Spatial-Statistical Study of Communication-Shaped Mental Maps.. *Communication Research* 28 (4): 429–463. doi:10.1177/009365001028004004
- MATOLAY, M.–VEKERDI J. (1970): Cigánytelepek. (Roma districts) *Valóság* 13. (12. pp. 38–39)
- MILGRAM, S. 1976 (1992): *Psychological Maps of Paris*. In: Milgram, Stanley: *The Individual in a Social World: Essays and Experiments*. (Eds: John Sabini and Maury Silver) McGraw-Hill.
- NÉZŐPONT INTÉZET (2008): A kulcsszó: közbiztonság? (Is the keyword is public safety) -[http://valasz.hu/itthon/a-kulcsszo-kozbiztonsag-19733/?cikk\\_ertekeles=1&ertekeles=3](http://valasz.hu/itthon/a-kulcsszo-kozbiztonsag-19733/?cikk_ertekeles=1&ertekeles=3) –Accessed 09.09.2015
- NYIRI, Z. (2005): *Crime and Security in European Capitals*. EU ICS Consortium working paper.
- PATAKI, F. (1997): Előítélet, idegengyűlölet, tolerancia: szociálpszichológiai szempontból [Prejudice, xenophobia, tolerance: From a social-psychological perspective]. In Gy. Csepeli, A. Örkény, & M. Székelyi (Eds.), *Kisebbségsszociológia* (pp. 21–30). Budapest: Minoritás Alapítvány.
- PÖDÖR A.–DOBOS, M. (2014): Official Crime Statistics versus Fear of Crime of the Citizens in a Hungarian Small Town. In: Robert Vogler, Adrijana Car, Josef Strobl, Gerald Griesebner (ed.) *GI\_Forum 2014 – Geospatial Innovation for Society*. Konferencia helye, ideje: Salzburg, Austria, 01/07/2014-04/07/2014. Salzburg: Herbert Wichmann Verlag im Verlag VDE GmbH, 2014. pp. 272–275.
- POLITICAL CAPITAL. LÁTLELET (2008): Kutatási összefoglaló az előítéletek és intolerancia hazai helyzetéről [Diagnosis. Research summary on the state of prejudice and intolerance in Hungary]. Retrieved from [http://www.maraalapitvany.hu/upload/eloteletesseg\\_tanulmany\\_081016.pdf](http://www.maraalapitvany.hu/upload/eloteletesseg_tanulmany_081016.pdf) –Accessed 05.09.2015)
- SALLAI, J. (2003): Before the EU accession waiting for Schengen: Az EU-csatlakozás előtt, Schengentre várva. *Academic and applied research in military science* 2:(No1) pp.

107–138.

- SALLAI J.–MÁTYÁS, SZ. (2015): Objektív és szubjektív biztonság néhány magyar nagyvárosban  
In: Hervainé Szabó Gyöngyvér (eds.) A 21. század eleji államiság kérdőjelei. 408 p.  
Székesfehérvár: Kodolányi János Főiskola, pp. 335–407. (ISBN:978-615-5075-25-4)
- SKOGAN, WG. (1995): Crime and the Racial Fears of White Americans. The Annals of the  
American Academy of Political and Social Science May 1995 vol. 539 no. 1 pp. 59–71
- SOLYMOSI, R.–FUJIYAMA, T.–BOWERS, K.J. (2015): „Mapping fear of crime as a context-  
dependent everyday experience that varies in space and time,” in Legal and  
Criminological Psychology Advance online publication. doi:10.1111/lcrp.12076
- VÁRADI, L. (2014): Youths Trapped in Prejudice, Politische Psychologie, PhD thesis. DOI  
10.1007/978-3-658-05891-3\_2, Springer Fachmedien Wiesbaden

**Internetes források:**

1. <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/drawinglayer>  
A letöltés időpontja: 2015.12.25.



# A Tisza-tó vizsgálata légi LiDAR adatok alapján

Riczu Péter<sup>1</sup> – Gálya Bernadett<sup>2</sup> – Gombosné Nagy Ildikó<sup>3</sup> –  
Blaskó Lajos<sup>4</sup> – Tamás János<sup>5</sup>

<sup>1</sup> tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet,  
riczu@agr.unideb.hu

<sup>2</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet,  
bernadett.galya@agr.unideb.hu

<sup>3</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet,  
inagy@agr.unideb.hu

<sup>4</sup> egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet,  
blasko@agr.unideb.hu

<sup>5</sup> egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet,  
tamas@agr.unideb.hu

**Abstract:** Spatial and temporal changes of the environment could be very important from different point of views. Landscape characteristics are determined by features of terrain, biomass, agricultural fields and artificial environment with roads, buildings, etc. Mapping of these elements with traditional tools and methods are costly, time consuming and sometimes the access to the given area is practically impossible. Nowadays, developing of information technology provides tools (GPS, GIS, RS), which are useful for effective survey of a relative larger area. A part of Lake Tisza was surveyed by a long range waveform digitizing airborne laser scanner (Riegl LMS Q680i) in the frame of ChangeHabitats2 FP7 project in 2012 and 2013. In our investigation, a smaller subset of the LiDAR point cloud was used for analyzing the coastal zone, woody and herbaceous vegetation and buildings. Different software environments were effective to analyze changing in water level and spatial and temporal changes of the vegetation.

## Bevezetés

A környezet állapotának felmérése, a környezetállapot tér- és időbeli változásának ismerete számos aspektusból bírhat nagy fontossággal. A domborzati sajátosságok, a biomassza alakulása, a mezőgazdasági termőföldek, az épített környezet meghatározzák a táj jellemvonásait. Korábban ezeknek az elemeknek a felmérése, térképezése, illetve a bekövetkező változások nyomon követése hagyományos geodézia és egyéb módszerekkel valósult meg. Napjainkban, viszont az információs technológia fejlődésével olyan távérzékelési eszközök állnak rendelkezésünkre, amellyel a környezet állapotának felmérése gyorsan, pontosan és nagy hatékonysággal végezhető el (SPITZER, D. 1986; HANCOCK, G.–WILLGOOSE, G. 2000; WERBROUCK ET AL. 2011). Nagyobb területek felmérésére elsősorban légi eszközöket használunk. Számos kutató vizsgálta már természetes környezet vagy lakott területek zöldfelületét ún. multi- vagy hiperspektrális kamerákkal, mellyel a vegetáció aktivitása, a biomassza alakulása jól mintázható (JUNG ET AL. 2007; MUCSI ET AL. 2008).

Sok esetben problémát jelent, ha egy folyószakasz, természetes vagy mesterséges állóvíz partvonulatának, nádasok vagy egyéb növényzet felmérését kívánjuk elvégezni az adott területen hagyományos technikával. Bizonyos vízgazdálkodási és vízügyi tervezések ma már 3D-ben történnek, ehhez pedig gyakran 3D-s alapadatokra van szükség. A mikro-, mezo-, vagy makrodomborzat sajátossága (lefolyás-összegyülekezés, kitettségi viszonyok, vízgyűjtő, stb.) és a növényzet, vagy az épített környezet struktúrája lézerszkenneres technológiával hatékonyan elemezhető (AXELSSON, P. 2000; JUTZI, B.–STILLA, U. 2003; PFEIFER ET AL. 2004; BRENNER, C. 2005; MÜCKE, W. 2008). A lézerszkennerek (LiDAR rendszerek) egy bizonyos hullámhosszúságú lézernyaláb segítségével pásztázzák a felmérni kívánt területet, miközben nagyszámú geometriai adatot gyűjtenek a felszínről, vagy a felszínen elhelyezkedő objektumokról (LERMA GARCÍA ET AL. 2008; HERITAGE, G. R.–LARGE, A. R. G. 2009; VOSSELMAN, G.–MAAS, H.-G. 2010). Az adatok feldolgozása a vizsgálati célnak megfelelő szoftverekkel végezhető el (HUG ET AL. 2004; FERNANDEZ ET AL. 2007; DAVIS, O. 2012; MCGAUGHEY, R. J. 2015).

Mára, a lézeres technika fejlődésével egyre szélesebb körben használják a technológiát a téradatgyűjtés számos területén (területén (pl. erdőgazdálkodás, várostervezés, régészet, levegőkörnyezet-kutatás, árvízi modellezés, szennyezés modellezés, stb.). Az adott feladatnak megfelelően földi statikus, valamint mozgó platformra felszerelt, vízi és légi hordozójárműn elhelyezett lézerszkennerek is kaphatók a piacon, számos konstrukcióban, különböző specifikációkkal, a felhasználó igényei szerint.

A légi lézerszkennerek első alkalmazási területe a földfelszín felmérésére, part menti zónák térképezésére irányultak, majd környezeti megfigyeléseket végeztek (HICKMAN, G. D.–HOGG, J. E. 1969; KRABILL ET AL. 1980; ACKERMANN ET AL. 1994). A környezeti felmérésekhez szorosan kapcsolódtak az első erdészeti alkalmazások (KRABILL, W. B.–MACLEAN, G. 1984), amelyek a természetes és mesterséges vegetáció komplex 3D struktúrájának megismerését biztosították (HYPPÄ ET AL. 2004; DANSON ET AL. 2009).

Kutatásunk során célul tűztük ki, hogy különböző időpontokban készült légi LiDAR adatok alapján értékeljük a Tisza-tó egy kisebb szegmensének part menti és szárazföldi természetes és mesterséges objektumainak strukturális jellemzőit különböző szoftveres környezetben.

## **Anyag és módszer**

A Tisza-tó légi LiDAR felmérését két időpontban végeztük el a Change Habitats2 nemzetközi projekt keretében. A nyári felmérésre 2012.08.23-án, míg a téli felmérésre 2013.02.05-én került sor. A két különböző évszakban történt lézeres mérés nemcsak a Tisza-tó vízszintjének/vízállásának pontos meghatározását tette lehetővé, de a tóban elhelyezkedő, illetve a tó körüli lág- és fásszárú növények egyes vegetációs tulajdonságai is hatékonyan térképezhetők.

A felméréshez a nagy hatótávolságú, teljes hullámforma-elemzővel ellátott Riegl LMS Q680i légi lézerszkennert alkalmaztuk. A nyers pontfelhők adatformátuma az 1.4-es LAS volt. Jelenleg ez az adatformátum biztosítja a leghatékonyabb adatkinyerést a légi lézeres pontfelhőből (ASPRS, 2013). A felmérések során több repülési sávban pásztázták a területet, miközben a 400 kHz-en üzemelő szkennер folyamatosan gyűjtötte az adatokat (*1. táblázat*). A 2012-es adatok elemzése blokkonként történt. A blokkok átlagos területe 64 ha volt, melyek többsége szabályos négyzet alakú, 8,49 m-es oldalhosszúsággal, ugyanakkor számos blokk, csak rész területeket tartalmazott.

Ekkora mennyiségű adat elemzése hatalmas számítástechnikai erőforrásokat igényel, mind szoftveres, mind hardveres értelemben, így az elemzéseket a pontfelhők egy kisebb kivágatával végeztük el (*1. ábra*). Mind a két időpontban történt felmérés pontfelhőiből elkülönítettünk egy közel 300 ha-os (297,6 ha) teszterületet, amelyen az adatelemzést végeztük.

Az *1. táblázatban* feltüntetett adatokból is megfigyelhető, hogy a 2012-es felmérés egységnyi nagyobb pontsűrűséggel rendelkezett. Ez a kivágott területre is igaz. A közel 70 millió pontból álló felmérés 29,90 pont/m<sup>2</sup>-es pontsűrűségű volt, míg a 2013-as felmérés valamivel több, mint 47 millió pontot tartalmazott, 19,37 pont/

*1. táblázat A két időpontban felmért terület tulajdonságai*

Paraméterek	2012.08.23.	2013.02.05.
Felmért terület (ha)	25 600	16 699
Repülési sávok/blokkok száma (db)	400	45
Repülési sávok/blokkok egységnyi területe (ha/sáv, vagy blokk)	64,00	371,09
Pontfelhő mérete (millió pont)	4 587,54	2 686,52
Szkennelési felbontás (pont/m <sup>2</sup> )	28,70	6,74



*1. ábra A két időpontban történt LiDAR felmérés térbeli kivágata*



m<sup>2</sup>-es pontsűrűséggel. A pontsűrűség azért volt nagyobb a teszterületeken, mint az átlagosan a teljes területen az egyes években, mert a felmérés központjában maga a Tisza-tó állt. Az adatok feldolgozását a Global Mapper 15 szoftverkörnyezetben kezdtük el, mivel a speciális LAS 1.4-es formátumú fájlok kezelésének (importálás, kivágási műveletek, keresztmetszet-vizsgálatok, exportálás, stb.) egyik leghatékonyabb eszköze az említett szoftver.

Mivel a lézerszkennerek rendelkeznek hullámalak felismerési lehetőségekkel, így a lézernyaláb visszatérési ideje alapján kiszámítható az adott pont távolsága, így automatikus elkülönítést tesz lehetővé a domborzat, a növényzet (aljnövényzet, cserjeszint és lombkoronaszint) között. Ugyanakkor a mérés során felmerülő hibák miatt gyakran összekeveredhetnek az egyes szintek (SCHENK, T. 2001; WANG ET AL. 2008). A tesztadatok feldolgozása során ezt a hibát tapasztaltuk. Az adatok hatékonyabb feldolgozása érdekében más szoftverekben hajtottuk végre a további elemzéseket. Az ENVI LiDAR programcsomag az adott pontfelhő pontjainak szomszédossági elhelyezése alapján szegmentálja a pontokat és az objektumokat, miközben 3D-s grafikus primitíveket feszít azokra. A megfelelő paraméterek megadásával nemcsak a természetes környezet (domborzat, felszín, fák) leképezésére képes, hanem a mesterséges objektumok (épületek, villanyvezetékek, villanypóznák) automatikus detektálását is elvégzi a program. Az adatok általános formátumokban exportálhatók ki, így további, szofisztikáltabb adatnyerés válik lehetővé. A domborzat, illetve a tó felszínének alakulását az IDRISI Taiga szoftverben vizsgáltuk.

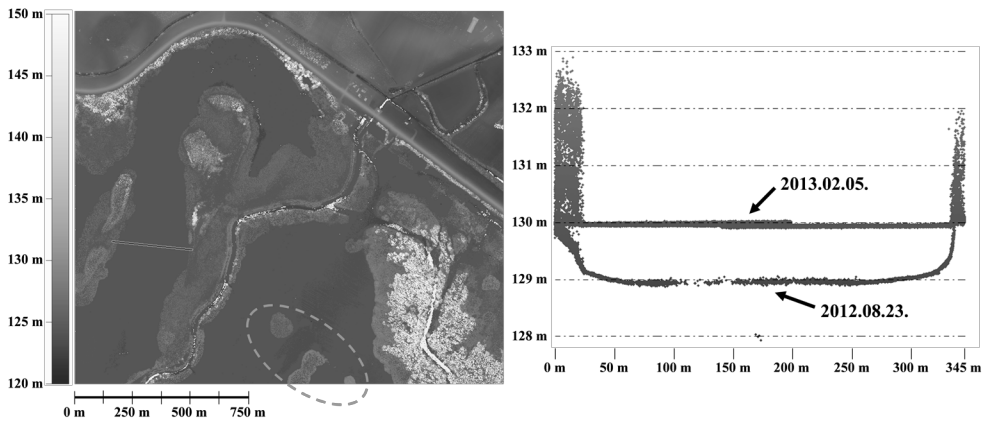
## Eredmények

A lézerszkenneres adatok tényleges feldolgozása az ENVI LiDAR szoftverben történt meg, ahol a domborzat, a felszín, a fák, az épületek és a villanypóznák szegmentálását végeztük el. A 2013-as felmérés alapján az automatikusan detektált fák száma meghaladta a 1200-at, az átlagos fmagasság 15,91 m volt. A teszterületen 16 épületet ismert fel az algoritmus.

A LiDAR adatok segítségével a Tisza-tó vízszintjének időbeli alakulása is nyomon követhető. A 2. ábrán egy pontszerű mérés eredménye figyelhető meg, ahol az látható, hogy a felmérés két időpontjában kb. 1 m-es vízszintkülönbség volt. Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy a nagy sűrűségű LiDAR adatok a tópart sajátosságainak vizsgálatára is alkalmasak.

A lézeres adatok segítségével nemcsak a vízszint alakulása, hanem a lágy- és fásszárú növényzet dinamikus változása is nyomon követhető. A teszterületen elhelyezkedő több nádolt, hagyományos terepi módon csak nehezen megközelíthető. A 2. ábrán bekarikázott nádasok közel fél év alatt átlagosan 0,9 m-rel növekedtek, melyet az ENVI LiDAR programban elkészített nagy felbontású (0,05 m) felszínmodellek (DSM) felhasználásával számoltunk ki.

A ENVI LiDAR szoftver által készített, a DSM-től eltérő (0,5 m) felbontású domborzatmodellek (DTM) összevetésével – IDRISI Taiga szoftverkörnyezetben –

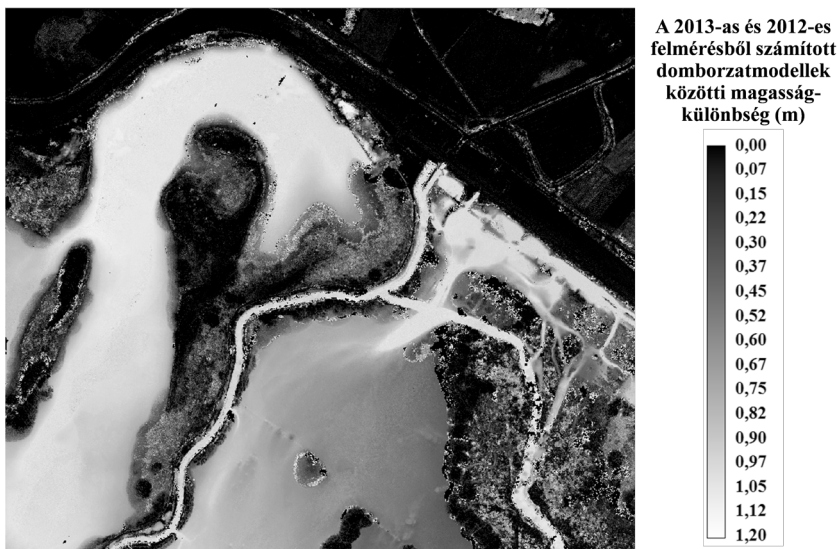


2. ábra Keresztmetszeti kép a Tisza-tó vízszintjének alakulásáról a két időpontban

meghatároztuk, hogy melyek voltak azok a területek, ahol nagyobb mértékű volt a vízszint változása a két időpontban (3. ábra).

### Következtetések, javaslatok

A 3D légi lézerszkenneres vizsgálatok napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő adatgyűjtési módja, ahol gyorsan, nagy területen tudjuk a környezet sajátosságait megismerni. Az általunk használt technológia lehetővé tette, hogy a Tisza-tó egy kisebb szegmensének felmérését hajtsuk végre. Különböző szoftveres megoldások alkalmazásával nemcsak maga a tó, illetve annak vízszintjének alakulása volt pontosan definiálható, hanem a tó körüli lág- és fásszáru növényzet, a mezőgazdasági területek, valamint az épületek is. Ez a szerteágazó, hatékony



3. ábra A Tisza-tó vízszintjének különbsége a 2013-as és a 2012-es felmérés során

adatkinyerési mód a természetes környezet, a vegetáció állapotváltozásának elemzését teszi lehetővé, ezen kívül tótervezési és karbantartási munkáinak fontos kelléke lehet. A lézeres adatok kiegészíthetők multi-, vagy hiperspektrális felvételekkel, amelyek hatékonyabbá tehetik a vegetációanalízist, segítve a fa-, illetve nádpusztulás tér- és időbeli vizsgálatát.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EU FP7 Marie Curie Changehabitats2 projekt támogatta.

## Felhasznált irodalom

- ACKERMANN, F.–ENGLISH, M.–KILIAN, J. (1994): Die Laser-Profil-Befliegung „Gammertingen 1992,, Zeitschrift für Vermessungswesen. 119 (5): pp. 264–277.
- ASPRS (2013): LAS specification version 1.4 – R13. ASPRS, Bethesda, Maryland. 28 p.
- AXELSSON, P. (2000): DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. 33 (B4): pp. 110–117.
- BRENNER, C. (2005): Building reconstruction from images and laser scanning. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 6 (3): pp. 187–198.
- DANSON, F. M.–MORSDORE, F.–KOETZ, B. (2009): Airborne and terrestrial laser scanning for measuring vegetation canopy structure. [In. Heritage, G. L.–Large, A. R. G. (szerk.): Laser scanning for the environmental sciences.] Wiley-Blackwell. pp. 201–219.
- DAVIS, O. (2012): Processing and Working with LiDAR Data in ArcGIS: A Practical Guide for Archaeologists. The Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales. 23 p.
- FERNANDEZ, J.C.–SINGHANIA, A.–CACERES, J.–SLATTON, K. C.–STAREK, M.–KUMAR, R. (2007): An Overview of Lidar Point Cloud Processing Software. GEM Center Report No. Rep\_2007-12-001. University of Florida. 27 p.
- HANCOCK, G.–WILLGOOSE, G. (2000): The production of digital elevation models for experimental model landscapes. Earth Surface Processes and Landforms. 26 (5): pp. 475–490.
- HERITAGE G. L.–LARGE, A. R. G. (2009): Principles of 3D laser scanning. [In. Heritage, G. L.–Large, A. R. G. (szerk.): Laser scanning for the environmental sciences.] Wiley-Blackwell. pp. 21–34.
- HICKMAN, G. D.–HOGG, J. E. (1969): Application of an Airborne Pulsed Laser for Near Shore Bathymetric Measurements. Remote Sensing of Environment. 1 (1): pp. 47–58
- HUG, C.–KRZYSZEK, P.–FUCHS, W. (2004): Advanced LIDAR data processing with LasTools. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Commission II, ISPRS 20th Congress, Istanbul, Turkey. pp. 1–6.
- HYYPÄ, J.–HYYPÄ, H.–LITKEY, P.–YU, X.–HAGGRÉN, H. (2004): Algorithms and Methods of Airborne Laser Scanning for Forest Measurements. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. 36 (8/W2): pp. 82–89.

- JUNG, A.–KARDEVÁN, P.–GLÄSSER, C. (2007): Hyperspectral technology in urban vegetation analysis. *Proceedings 5th EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy*. 1–10 p.
- JUTZI, B.–STILLA, U. (2003): Laser pulse analysis for reconstruction and classification of urban objects. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 34 (3/8W): pp. 151–156.
- KRABILL, W. B.–COLLINS, J. G.–SWIFT, R. N.–BUTLER, M. L. (1980): Airborne laser topographic mapping results from initial joint NASA/US Army Corps of Engineers experiment. NASA Technical Memorandum 73287. Wallops Flight Center, Wallops Island, Virginia. 33 p.
- KRABILL, W. B.–MACLEAN, G. (1984): Determining forest canopy characteristics using airborne laser data. *Remote Sensing of Environment*. 15 (3): pp. 201–212.
- LERMA GARCÍA, J. L.–VAN GENECHTEN, B.–HEINE, E.–SANTANA QUINTERO, M. (2008): Theory and practice on terrestrial laser scanning. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, Spain. 261 p.
- MCGAUGHEY, R. J. (2015): FUSION/LDV: Software for LIDAR Data Analysis and Visualization. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 182 p.
- MUCSI, L.–TOBAK, Z.–VAN LEEUWEN, B.–SZATMÁRI, J.–KOVÁCS, F. (2008): Analyses of Spatial and Temporal Changes of The Urban Environment Using Multi- and Hyperspectral Data. [In: Jürgens, C. (szerk.): *Remote Sensing – New Challenges of High Resolution: Proceedings of the Earsel Joint Workshop*. pp. 275–286.
- MÜCKE, W. (2008): Analysis of full-waveform airborne laser scanning data for the improvement of DTM generation. Diplomamunka. e Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology. 67 p.
- PFEIFER, N.–GORTE, B.–ELBERINK, S. O. (2004): Influences of vegetation on laser altimetry – analysis and correction approaches. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. 36 (8/W2): pp. 283–287.
- SCHENK, T. (2001): Modeling and analysing systematic errors in airborne laser scanners. *Technical Notes in Photogrammetry*. No. 19.
- SPITZER, D. (1986): On applications of remote sensing for environmental monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*. 7 (3): pp. 263–271.
- VOSSELMAN, G.–MAAS, H.-G. (2010): Airborne and terrestrial laser scanning. Whittles Publishing, CRC Press. 336 p.
- WANG, Z.–SHU, R.–XU, W.–PU, H.–YAO, B. (2008): Analysis and Recovery of Systematic Errors in Airborne Laser System. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. 37 (B1): pp. 289–294.
- WERBROUCK, I.–ANTROP, M.–VAN EETVELDE, V.–STAL, C.–DE MAEYER, P.–BATS, M.–BOURGEOIS, J.–COURT-PICON, M.–CROMBÉ, P.–DE REU, J.–DE SMEDT, P.–FINKE, P.A.–VAN MEIRVENNE, M., VERNIERS, J.–ZWERTVAEGHER, A. (2011): Digital elevation model generation for historical landscape analysis based on LiDAR data, a case study in Flanders (Belgium). *Expert Systems with Applications*. 38 (7): 8173–8185.



# Fotorealisztikus megjelenítés Esri CityEngine szoftverben

Schlosser Aletta Dóra

egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem TTK, sch.aletta@gmail.com

**Abstract:** The 3D city modeling is in geoinformatics a new approach and evolving trend. The model is the digital representation of the Earth's surface and it allows the visualization on Level of Details of the different analyzes, the city architecture's problems and some laws in geography. My objective was the creation of a 3D building and origination an urban environment with the software CityEngine from Esri geoinformatics company, and with the application of CGA Shape Grammar's principle

## Bevezetés

A 3D városmodellezés aspektusa, a fotorealisztikus ábrázolás megvalósítása új perspektívának tekinthető a geoinformatika tudományágában. Felhasználásának, alkalmazásának köre folyamatosan bővül, ezáltal eszközként szolgálhat más tudományterületek tekintetében is, mindazonáltal, hogy önálló szakterületként is ismert. Egy GIS adatokból épülő 3D városmodell leírható hierarchikus struktúrájú adatbázisként, komplex információs térként, a városi környezethez kapcsolódó objektumok összességeként (STADLER, A.–KOLBE, T.H. 2007; DETREKŐI, Á. 2010). A modellezés megvalósulása mellett a módszer a különböző elemzések, városépítészeti problémák és geográfiai törvényszerűségek vizuális megjelenítését is lehetővé teszi, ezáltal egy fokozatosan kibontakozó irányzatként jellemezhető a térinformatikában.

Kutatásom célkitűzéseként szerepelt az Esri geoinformatikai cég CityEngine modellező szoftver elvének megismerése, az ún. procedurális modellezési eljárás és a CGA Shape Grammar metódusainak, logikai összefüggéseinek feldolgozása (CityEngine Help – Basics of Rule-based Modeling) és ennek eredményeképpen fotorealisztikus modell létrehozása, amely részletességet tekintve LoD 3 szinten értelmezhető. Ezen modellezési eljárás lehetővé teszi továbbá vektoros és raszteres GIS adatok felhasználásával komplex városi környezet vizuális megjelenítését is.

A módszertani lépések sorozata, az általam készített modell megalkotásának struktúrája egyben eredménynek is tekinthető, hiszen a speciális programozási eljárás ismertsége korlátozottnak mondható a geoinformatika területén. Kutatásom célja volt tehát empirikus úton szerzett ismeretek és idegen nyelvű publikációk összegzéseként egy átfogó képet alkotni egy adott terület épületállományának 3D megjelenítésére vonatkozóan.

## Anyag és módszer

A 3D városmodellezés tekintetében különbséget kell tenni a valósághű elemek felhasználásával készült fiktív épületek megalkotása és már meglévő épületállomány fotorealisztikus megjelenítése között. A CityEngine szoftver felhasználóbarát kezelőfelülete kiváló lehetőséget nyújt mindkét koncepció megvalósítására.

Terepi bejárást követően, megfigyelések, feljegyzések segítségével, egyéni fényképek készítésének eredményeként valósítottam meg a logikusan felépített, kellő részletességgel rendelkező épületmodellemet. Struktúrájáról elmondható, hogy olyan építészeti elemeket, megoldásokat tartalmaz, amely alapot jelenthet a későbbiekben is egy terület épületállományának 3D megjelenítéskor.

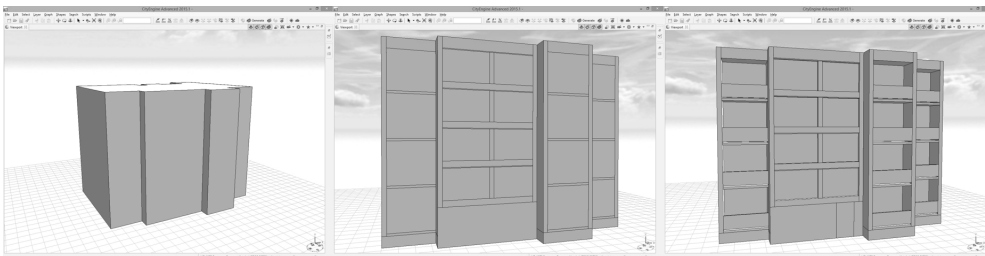
Különböző forrásokból származó, eltérő formátumú és heterogén GIS alapadatokat használtam fel, továbbá törekedtem a vizuális megjelenítéshez szükséges textúrák tekintetében, hogy azok jó minőségűek és torzulásmentesek legyenek. A 3D városmodell létrehozása a szoftver vonatkozásában egy projectként is értelmezhető, amelyben az egyes fájlok tematikusan elrendezve, egyfajta adatbázist alkotva vannak jelen.

Kiindulási alapként az általam kiválasztott terület feldolgozása során a raszteres formátumú DTM (Digital Terrain Model – Heightmap) jelentette számomra a fedvények rétegződésekor a kezdő layert, amely közvetlenül csak a domborzatot foglalta magában. A fotorealisztikus megjelenítést elősegítve további fontos réteggént használtam fel az ortofotót is, amely a DTM rétegéhez igazodva adja egy terület raszteres alapjának szerkezetét. Ez a két fedvény adta számomra az ún. *terrain* réteget. (CityEngine Help – Terrain Layer) Az egyes layerek hierarchikus egymásra épülését betartva követte az általam digitalizált vektoros fedvény a raszteres állományokat, amely az épület alaprajzáinak (*footprint*) megjelenítése szempontjából, a modellezési eljárás megkezdését tekintve kulcsfontosságúnak mondható.

Minden egyes réteget a megfelelő vetületi transzformáció elvégzése után használtam fel (HD 1972 Egységes Országos Vetületi Rendszer; EPSG 23700), továbbá a modellezés „tereként” szolgáló ún. scene koordináta rendszerére vonatkozó információkat is eszerint adtam meg. (CityEngine Help – Scene Coordinate System)

A CityEngine szoftver modellezési elve és lépései a CGA (*Computer Generated Architecture*) programozási folyamat szabályszerűségeire (rules) épülve, ezáltal a procedurális modellezés folyamatához kötve valósul meg. Az épület alaprajza jelentette számomra a kezdő shape-et (*Lot*), ezzel összeegyeztetve alkottam meg az adott épületre vonatkozó kezdő szabályt (*Start Rule*), ez jelentette a kezdő lépést számomra, hogy a további szabályokat (*rules*), logikai összefüggéseket meghatározzam az épületmodell felosztására, elemeinek lehatárolására és textúrájának megjelenítésére vonatkozóan. (CityEngine Help – Setting The Start Rule) Lényegében szabályok definiálásának következtében és parancssorozatok végrehajtásának eredményeképpen 3D tartalmat hoztam létre, amely módszer lehetővé teszi a hatékony és gyors munkavégzés megvalósulását a manuális megrajzolással





1. ábra Extrudálás és a térfogatmodell felosztásának fázisai; saját szerkesztés

ellentétben.

A modellem első fázisaként extrudálást követve egy „térfogatmodellt” (*mass model*) hoztam létre, amely önmagában egy LoD 1 szinten lévő épülettömb modellnek tekinthető. Kulcsfontosságúnak bizonyult, hogy az épület egyes falait indexek segítségével (*comp – Index-based Selection*) külön kezeljem, hiszen így nyílt lehetőségem önálló egységként kezelni az épület oldalait. A további lépések sorozataként az épület homlokzatát (*facade*) osztottam fel a tengelyek figyelembe vétele szerint (*split*), a továbbiakban ebből kiindulva az egyes építészeti elemek pontos helyét jelöltem ki, végül a textúrák hozzáadásával értem el a részletezettség legfelső szintjét. (MÜLLER, P. ET AL. 2006)

Az épületmodell színeire, ablakainak típusaira vonatkozó textúrák hozzáadásakor figyelmet igényelt az, hogy maguk az ábrák is rendelkeznek saját koordináta rendszerrel. Ezenfelül alkalmaztam egy olyan metódust (*randomWindowTexture; Update Seed and Generate Models*), amely lehetővé tette, hogy változatos kombinációk jöhessenek létre a modell ablakainak megjelenítésekor. (CityEngine Help –Applying the Rules to Generate a 3D Model)

A CityEngine szoftver modellezési eljárásának elve, a CGA nyelv szemléletesen tükrözi a LoD egyes szintjeinek alakulását, valamint rávilágít a logikai sorrendiség releváns szerepére is. Az 1. ábra bemutatja mindazt a folyamatot, amelynek eredményeképpen a kezdeti „térfogatmodellből” textúra nélküli, ugyanakkor részletekben gazdag épületmodell keletkezett.

## Eredmények

A fotorealisztikus ábrázolás eredményességét tekintve az általam készített modell a LoD 3 szintjén valósult meg, ami azt jelenti, hogy részletes, geometriai elemekkel rendelkező, textúrával ellátott 3D épületmodell jött létre. Ezen módszerek felhasználásával és a procedurális modellezési eljárás elvét követve lehetőségem nyílt az általam lehatárolt területen egy kisebb városi környezetet is létrehozni, amelyet a valósághű ábrázolás érdekében növényzettel is gazdagítottam.

A megalkotott modellen kivehetőek mindazon metódusok, módszertani lépések, amelyek a CGA nyelv elvének lényeges elemei. A megalkotott modell maga is egy összefüggő rendszert képez, viszont elemeire bontható, minden egyes



*2. ábra A CityEngine szoftverben készült modell (1. kép) és az eredeti lakóépület (2. kép) bemutatása; saját szerkesztés*

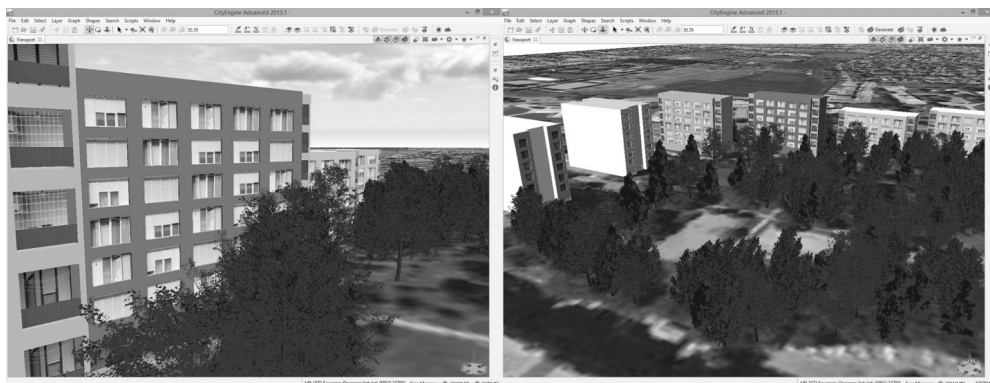
alkotórésze egyéni tulajdonságokkal rendelkezik, amelyek szükség esetén szabadon változtathatóak, alakíthatóak. A módszertani jellegből adódóan a modellezés folyamatát is egyfajta eredményként írom le, hiszen a megvalósult modell alapként szolgálhat további analízisek számára is.

A 2. ábra mutatja be az elkészült épületmodellt, amely valósághűen jeleníti meg az eredeti lakótömböt.

Az általam készült modell felhasználásával lehetőségem nyílt kisebb városi környezet modellezésére is, amelyet a 3. ábra szemléltet.

## **Összefoglalás**

A 3D városmodellezés vonatkozásában megállapíthatom, hogy végeredményben nem csak egy látványos és részletgazdag épületmodellt, valamint városi környezetet kaptam, hanem összességében egy geoinformatikai és design szempontjából is értékes egységet, a térinformatika és a különböző GIS adatok felhasználása szempontjából pedig egy újfajta szemléletet. Többfajta modellezési



*3. ábra Városi környezet modellezése; saját szerkesztés*

folyamat létezik, kezdve a „hagyományos”, manuális megvalósítást, valamint a bonyolult, programozási lépésekre épülő módszereket. A CityEngine szoftver procedurális modellezési folyamata lehetővé teszi a pontos, precíz, minden elemében kidolgozott eredmény megvalósulását, maga a CGA Shape Grammar nyelv pedig érthetőnek, logikusnak mondható.

Véleményem szerint egy városmodell szükségessége kétségtelen, felhasználási köre egyre inkább bővül, az eljárási módszerek folyamatosan fejlődnek. A munkám során elkészített modell jó példát mutat arra vonatkozóan, hogy fontos a megfelelő GIS adatokból való építkezés, a globális szemlélet, a logikai összefüggések átlátása és a térbeli gondolkodás. A geometriai részletesség, az arányok megtartása, a textúrák pontos elhelyezése nem kimondottan egy épület esetében hangsúlyosak, hanem minden egyes egységre egy létrehozott városi környezetben.

A modellezés tanulmányozása, a kapott eredmény felhasználása, az erre épülő analízisek, a virtuális tér egésze minden elemében szorosan kapcsolódik a térinformatikához, így további kutatási témák kiindulási alapjaként is szolgálhat.

## **Köszönetnyilvánítás**

A LiDAR adatgyűjtés módszerével létrehozott DTM réteg a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai tanszék hozzájárulásával került felhasználásra, amely adatállomány a TAMOP-4.2.2.A-11\_1\_KONV-2012-0041 azonosító számú projekt értelmében áll rendelkezésre.

## **Felhasznált irodalom**

- DETREKŐI Á. (2010): Virtuális földgömbök – 3D városmodellek. Geodézia és Kartográfia, LXII. évf., 2010, 1. szám, pp. 6–9.
- MÜLLER, P.–WONKA P.–HAEGLER, S.–ULMER A.–LUC VAN GOOL (2006): Procedural Modeling of Buildings. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2006, Los Angeles, CA, USA, 2006, pp. 1–10.
- STADLER, A.–KOLBE, T.H. (2007): Spatio -Semantic Coherence in the Integration of 3D City Models, In: Proceedings of the 5th International Symposium on Spatial Data Quality, Enschede 2007.

## **Internetes források:**

- CityEngine Help – Basics of Rule-based Modeling: <http://cehelp.esri.com/help/index.jsp?topic=/com.procedural.cityengine.help/html/manual/cga/basics/toc.html>
- CityEngine Help – Scene Coordinate System: <http://cehelp.esri.com/help/index.jsp?topic=/com.procedural.cityengine.help/html/manual/georef/scs.html>
- CityEngine Help – Setting the Start Rule: [http://cehelp.esri.com/help/index.jsp?topic=/com.procedural.cityengine.help/html/manual/cga/rule\\_files/cga\\_rf\\_startrule.html](http://cehelp.esri.com/help/index.jsp?topic=/com.procedural.cityengine.help/html/manual/cga/rule_files/cga_rf_startrule.html)
- CityEngine Help – Terrain Layer: <http://cehelp.esri.com/help/index.jsp?topic=/com.procedural.cityengine.help/html/manual/al/terrain/terrain.html>



# Object based image analysis for forest health assessment

Shokirov Shukhrat<sup>1</sup> – Geza Kiraly<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MSc student, University of West Hungary, shukhrat811@gmail.com

<sup>2</sup> associate professor, University of West Hungary, kiraly.geza@emk.nyme.hu

**Abstract:** Object based image analysis (OBIA) became one of the most useful tool to estimate forest conditions. This research covers application of OBIA in Fenyőfő forests consisting of coniferous and deciduous tree species. We used multiresolution segmentation algorithm in eCognition software to delineate individual trees and classified coniferous, deciduous and dried trees using the NDVI values. Health status of forest compartments were discussed based on the extracted dried trees. We calculated crown closure and mixture ratio of coniferous and deciduous tree species and compared with reference data provided by National Forest Inventory (NFI).

## Introduction

On the global scale, forests are threatened by population growth and human activities, including deforestation, air-pollution and climate change. There is a need for quantitative information on forest health, and how it varies in space and time. Remote sensing might provide useful tools for forest health monitoring (SOLBERG ET AL. 2014). Application fields of remote sensing is very wide and its forestry application is one of the most important, because according to FAO (2010) 31 % of land surface covered by forests and they require frequent monitoring to maintain their health. Forestry applications vary including forest stands and cover mapping, biomass measurements, clear cut mapping, burn detection, health assessment, species inventory and so forth. Without remote sensing it would be difficult to perform these tasks, because traditional methods of forest assessment require more time, human and financial resources. In contrast, remote sensing provides digital data presenting tree crown characteristics in different spectral wavelengths which can be interpreted, analyzed, evaluated and visualized. Also, it can give near real time data about large areas, human access limited areas and is relatively cost-effective.

This paper presents the preliminary result of the research on forest health assessment of Fenyőfő forest reserves in Hungary. We tried to apply object based image analysis (OBIA) to detect individual trees using digital aerial images with RGB and NIR bands, extracted dried and coniferous trees. In addition, we calculated other important parameters of forest compartments such as crown closure and mixture ratio. Results were analyzed and compared with the NFI data.

## Materials and methods

### *Study area*

Fenyőfő is a village located at the height of about 270 meters in the northern Bakony mountains of Trans-Danubian region (47.35054°N 17.76517°E), Hungary. The number of Fenyőfő's inhabitants is 155 and area of the settlement is 863 ha. Vegetation is mostly Pinus on sandy soil (*Festuco vaginatae* - *Pinetum sylvestris*), other types of Pinus (*Festuco rupicolae* – *Pinetum sylvestris*) and mixed sessile oak (*Quercetum petraeae* - *cerris pannonicum*) (DÖVÉNYI 2010). Research area is about 109 ha with little topographic variation and consists of mainly conifers (app. 60%) and deciduous (app. 40%) trees. Area is divided into 9 compartments with various sizes from 2 to 30 hectares. Unfavorable conditions of soil (low water capacity, sandy soils with calcium carbonate content in the topsoil) occurred together with high temperature values in summer periods in the last years leading the trees to die or diseased (GULYÁS K. ET AL. 2014).

### *Data*

For this research high spatial resolution aerial images have been captured by UltraCam X digital metric camera on a sunny day, 20th of August, 2012, in the frame of a national regular airborne survey. Images acquired with 8 bits radiometric and 40 cm geometric resolution in visible (RGB) and near-infrared (NIR) bands. In vegetation cover analysis near infrared band plays central role, as mainly this band reflects higher ratio of incoming lights from vegetation.

We had National Forest Inventory (NFI) data which gives information about the number of trees, crown closure percentage and mixture ratio of tree species.

### *Image segmentation*

Segmentation is the subdivision of an image into separated regions. Throughout the segmentation procedure, the whole image is segmented and image objects are generated based upon several adjustable criteria of homogeneity or heterogeneity in color and shape (BAATZ ET AL. 2000). Various segmentation methods have been developed by scientists; they include watershed segmentation, region growing segmentation, edge based segmentation, threshold based segmentation and so on.

We used multiresolution segmentation algorithm of eCognition software developed by Definiens. Multiresolution segmentation is an optimization procedure which, for a given number of image objects, minimizes the average heterogeneity and maximizes their respective homogeneity (BAATZ ET AL. 2000). Multiresolution segmentation creates the image objects based on the spectral value, shape, texture, context information and spatial autocorrelation.

Appropriate scale and shape parameters found for segmentation after several attempts. We used bottom up segmentation procedure; first individual pixel level

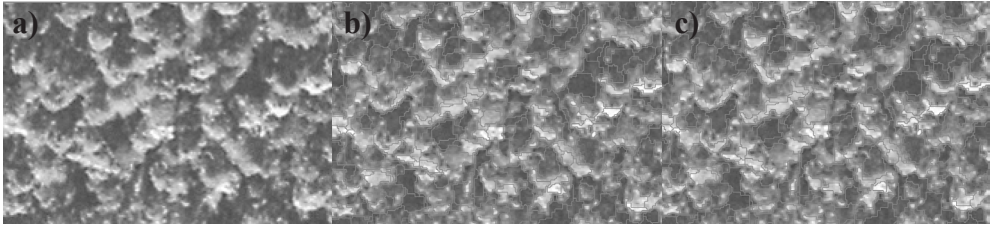


Figure 1. a) Original image with true color composite b) Segmentation result with 10 scale, 0.3 shape and 1 compactness parameters c) Segmentation result with 19 scale, 0.5 shape and 1 compactness parameters

segments were created, then the size of segments had been increased based on homogeneity of an image using different scale, shape and compactness parameters (Figure 1).

Visual image interpretations had been performed in sample plots with 100 X 100 meters by manual delineating the individual trees in images to check the accuracy of segmentation and it confirmed that more than 85% of conifers were separated as individual objects successfully. Segmentation accuracy of dried trees was approximately 80%. In both cases segment created for individual tree was more than one causing over segmentation. But, we couldn't evaluate the accuracy of deciduous trees segmentation, because it was difficult to interpret individual deciduous trees visually in this spatial resolution, and we didn't have reference data from 2012 neither.

### ***Classification***

In classification, we considered coniferous, deciduous and dried trees. First, shadow objects had been extracted taking into account of relatively lower near-infrared reflectance value comparing with vegetation, less than 85 in our case. Then, we utilized Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (ROSE ET AL. 1963) for classification.

The NDVI method subtracts the red reflectance values from the near-infrared and divides it by the sum of near-infrared and red bands.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Theoretically, NDVI gives the values ranging from -1 to 1, negative values can represent water bodies or snow cover, values around 0 represent urban area or bare soil, and values from 0.3 to 1 represent low to high vegetation cover.

In our research, NDVI values ranged between 0.08 and 0.62, in classification we divided NDVI values into three parts; values between 0.08 and 0.34, 0.34 and 0.47, 0.47 and above representing dried, coniferous and deciduous trees respectively.

Classification result was also checked by visual interpretation, since deciduous trees reflect more near-infrared value than conifers classification of these two types of trees was very accurate (app. 95%). But, we met some difficulties to find a threshold value between coniferous and dried trees, maybe because some diseased trees reflect



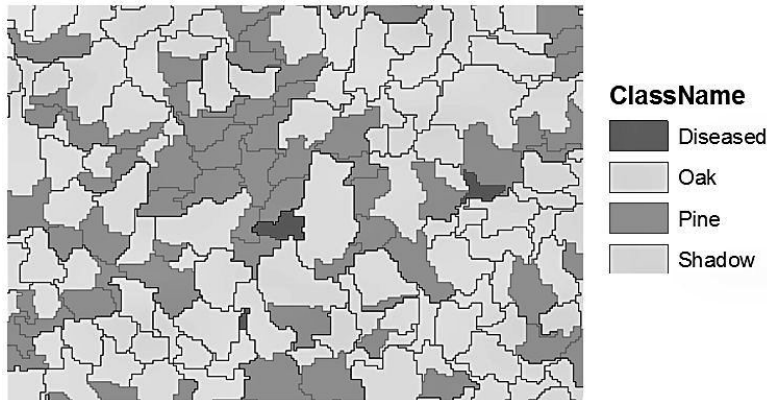


Figure 2. Sample image from classification map  
This image corresponds to the segmentation sample given in Figure 1

lower near-infrared value as a result they were classified as dried trees. As mentioned above, we could not separate diseased trees due to relatively lower spatial resolution of the image. According to visual interpretation we had more than 80% of accuracy for dried tree classification.

## Results and analysis

### *Dried trees and conifers*

We had a number of results from this study including number of dried and coniferous trees, crown closure percentage and mixture ratio of coniferous and deciduous trees in compartment level. The *Table 1* illustrates the number of detected

Table 1. Number of detected trees and corresponding areas

N	Compartment	Area (ha)	Dried trees		Conifers		No of dried trees per hectare
			Number	Area (ha)	Number	Area (ha)	
1	Fenyőfő 19C	6.47	6	0.01	912	3.18	1
2	Fenyőfő 18C	9.98	40	0.07	1038	2.95	4
3	Fenyőfő 19A	23.91	233	0.50	3022	10.42	10
4	Fenyőfő 18A	32.72	325	0.56	4144	11.51	10
5	Fenyőfő 19D	1.87	11	0.02	320	1.20	6
6	Fenyőfő 19B	7.63	19	0.04	587	1.58	2
7	Fenyőfő 19F	2.61	15	0.03	419	1.49	6
8	Fenyőfő 18D	5.91	51	0.09	812	2.41	9
9	Fenyőfő 18B	16.91	72	0.13	1801	5.06	4
	<b>Total</b>	<b>108.00</b>	<b>772</b>	<b>1.45</b>	<b>13055</b>	<b>39.79</b>	

trees and corresponding areas.

Looking at the table above, we can see that the number of dried trees are higher in compartments 19A, 18A and 18D. These compartments might be treated as the main root of disease appeared in the forest and can be used for future investigations on causes of tree damage.

### *Crown closure and mixture ratio*

Crown closure plays a significant role in quantifying various bio-physical parameters such as photosynthesis, respiration, transpiration, CO<sub>2</sub> sequestration, land biomass and rainfall interception (CHEN–CIHLAR, 1996). Crown closure percentage for every compartment was calculated by following formula:

$$CC = (CA - SA) * 100/CA$$

CC – crown closure

CA – total area of a compartment

SA – area without crown coverage, including shadow area

Looking at *Table 2* we can see, that there is not big difference between measured and reference data except the compartment 19D with -26.9% in crown closure percentage, this difference was checked on a classification map, it shows that there is a street in this compartment which is excluded in classification, it may be included in the reference data since it was measured by traditional sampling methods. But, overall difference is only -4.2%.

*Table 2. Crown closure and mixture ratio of compartments*

N	Compartment	Crown closure (%)			Mixture ratio measured data (%)		Mixture ratio reference data (%)		Difference (Meas-Ref)	
		Measured	Reference	Difference (Meas-Ref)	Conifer	Deciduous	Conifer	Deciduous	Conifer	Deciduous
1	Fenyőfő 19C	57.6	71	-13.4	85.4	14.4	100.0		-14.6	14.4
2	Fenyőfő 18C	63.7	51	12.7	46.4	52.4	13.0	87.0	33.4	-34.6
3	Fenyőfő 19A	62.6	52	10.6	69.6	27.1	5.0	95.0	64.6	-67.9
4	Fenyőfő 18A	62.8	68	-5.2	56.0	41.3	85.0	15.0	-29.0	26.3
5	Fenyőfő 19D	67.1	94	-26.9	95.6	2.7	100.0		-4.4	2.7
6	Fenyőfő 19B	71.7	76	-4.3	28.9	70.4	12.0	88.0	16.9	-17.6
7	Fenyőfő 19F	68.1	70	-1.9	83.8	14.6	100.0		-16.2	14.6
8	Fenyőfő 18D	59.9	56	-3.9	68.1	29.3	100.0		-31.9	29.3
9	Fenyőfő 18B	67.2	80	-12.8	44.5	54.4	67.0	33.0	-22.5	21.4
	<b>Total</b>	<b>64.5</b>	<b>68.7</b>	<b>-4.2</b>	<b>64.3</b>	<b>34.0</b>	<b>64.7</b>	<b>35.3</b>	<b>0.4</b>	<b>1.3</b>

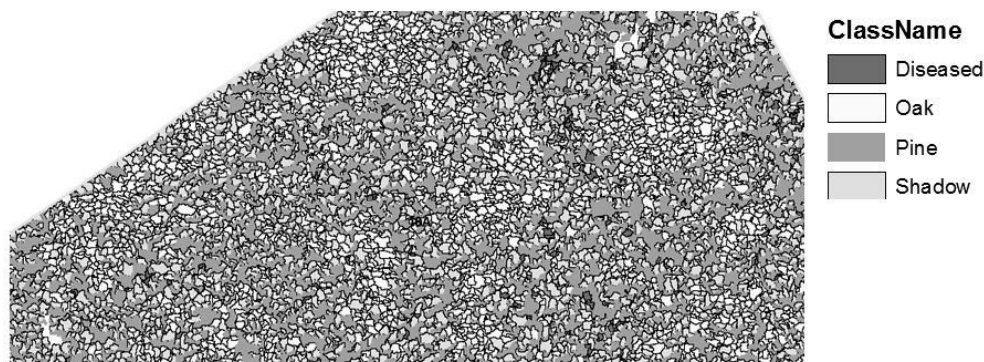


Figure 3. Compartment 18A

Mixture ratio of coniferous and deciduous trees was calculated by following formula:

$$N = A / (CA - SA)$$

N – ratio of tree species

A – area of tree species

CA – full area of the compartment

SA – shadow area of corresponding tree species

Analyzing the table, we can see, that there is significant difference in the mixture ratios between measured and reference data. Let's analyze the biggest compartment of 18A which measurement result gives 56% to 41.3% and reference data 85% to 15% ratio for coniferous and deciduous trees respectively. As we can see part of the compartment 18A on the classification map (Figure 3), deciduous trees are not well distributed; they are gathered on Northern, Western, Eastern parts and in the middle of the sample map, but in other parts of the image covered mainly by conifers. This may cause the confusion in field measurement methods, because responsible forest-planners may go and pick up sample data from parts where deciduous trees gathered and interpolated to whole compartment. As a result, there may be incorrect ratio of tree species in present compartment. We analyzed other compartments that have big difference between measured and reference data, and had a conclusion that this differences are due to not equal distribution of tree species within the compartments, this makes difficulties in traditional sampling method of field measurement.

## Acknowledgement

I am very thankful to Ivan Barton, PhD candidate of University of West Hungary for his valuable help during this research.

## References

- BAATZ ET AL. (2000): eCognition User Guide. Definiens AG, München.
- M. BAATZ–A. SCHÄPE (2000): Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58 (3–4), S. pp. 12–23.
- J.CHEN–J.CIHLAR (1996): Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using Landsat TM images. *Remote Sens. Environ.* 55: pp. 153–162.
- DÖVÉNYI, Z. (2010): Hungarian microregions. Geographical Institute, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences of the Hungarian Academy of Sciences. Budapest. p 876. ISBN 978-963-9545-29-8 (in Hungarian)
- GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT (2010): Committee on Forestry and World Forest Week, in Rome.
- K. GULYÁS–A. BIDLÓ–A. HORVÁTH (2014): Causes of the Forest Die-off in a Pinus Forest (*Pinus sylvestris*) in Fenyőfő. In: *Local and Regional Challenges of Climate Change Adaptation and Green Technologies*, UWH FF, 2014 ISBN 978-963-334-192-6
- J. ROUSE–R. HAAS–J SCHELL–D. DEERING (1973): Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, pp. 309–317.



# Nyílt forráskódú GIS az oktatásban

Siki Zoltán

adjunktus, BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, siki.zoltan@epito.bme.hu

**Abstract:** Many FOSS4G software, after 10-20 years development are matured to become real alternative to commercial software for GIS. Nowadays free and open source software are used in higher education to teach GIS technology, too. In this paper another usage of FOSS software in the higher education is proposed, these can be used in teaching programming and software development. There are two alternatives, teach the students to extend the functionality of existing programs writing plug-ins or to start new small open source projects. We apply both solutions. The first alternative works for student with some programming experience, the second solution fits to beginner programmers. Experiences and some examples are introduced in this paper, too.

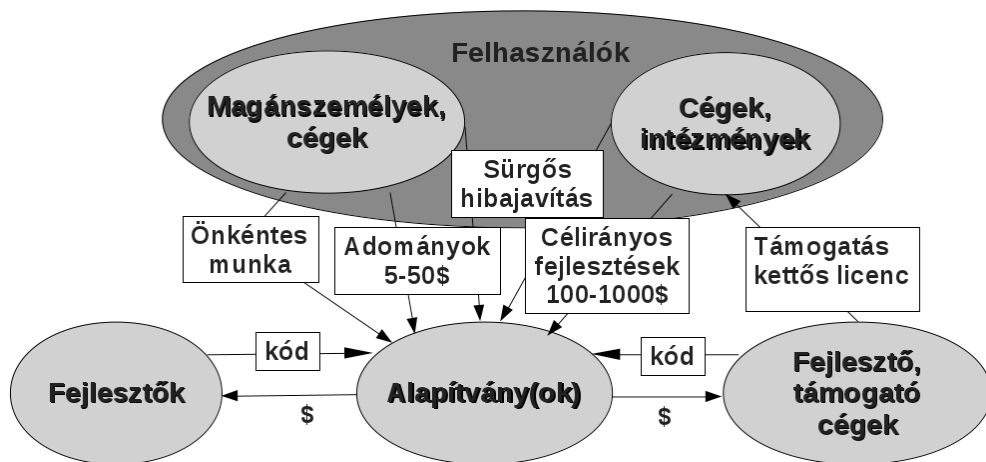
## A nyílt forráskódú programokról

A szabad és nyílt forráskódú programok (angol rövidítéssel FOSS) és ezen belül a térinformatikai programok hazánkban is átléptek egy lélektani határt. Több program széles körben ismertté vált, a felhasználók köre bővül, a felhasználók mind a kutatási, mind ipari munkáikban is valós alternatívának tekintik a FOSS4G programokat. A felsőoktatási intézményekben több helyen az oktatásba is bekerültek.

A nyílt forráskódú programok esetén a felhasználók számára először a szoftver díjtalan használata tűnik a legvonzóbbnak. Azonban a nyílt forráskód ennél jóval több, egy szoftver licenc (pl. GPL, Apache, BSD, stb.), egy szoftver fejlesztési modell és egy közösség építő lehetőség, melyhez manapság már egy üzleti modell is kapcsolódik. Egyes területeken a nyílt forráskódú programok piacvezetőkké váltak (Web szerver, böngészők, stb.). Ezek a projektek már nem működhetnek úgy, hogy néhány fejlesztő a szabad idejében, hetente néhány órában foglalkozik a fejlesztéssel. A projektek és a fejlesztők támogatására alapítványokat hoztak létre, melyek adományokat gyűjtenek a felhasználóktól, az egyes felhasználók (intézmények) a számukra fontos fejlesztéseket szponzorálják. Ma már kis cégek jöttek létre, melyek részt vesznek a fejlesztésben és emellett üzleti támogatást is nyújtanak a szoftverek felhasználóinak. Ez az üzleti modell (*1. ábra*) lényegesen eltér a kereskedelmi szoftverek üzleti modelljétől, a pénz illetve a profit a szoftver felhasználásánál és nem a licenc eladásánál jelenik meg.

Ez az üzleti modell akkor működőképes, ha kellő számú támogató van, aki a projekthez munkával vagy pénzzel hozzájárul.

A nyílt forráskódú térinformatikai projektek várják, és szívesen veszik a hozzájárulni szándékozók jelentkezését. Nem csak program fejlesztőkre van szükség,



1. ábra Nyílt forráskódú üzleti modell

általában a dokumentáció készítés területén nagyobb az önkéntesek hiánya, mint a programozás területén. A kezdőket is szívesen fogadják, sohasem tapasztaltam lekezelő magatartást.

Miért érdemes csatlakozni ilyen közösségekhez? Gyorsan sikerélményben lehet részünk, az szakmai gyakorlatban jól mutat az önkéntes munka, egy elismert nyílt forráskódú projektben végzett munka jó referenciának számít.

Magyarországon nehezen képzelhető el, hogy például a közigazgatásban széles körben angol nyelvű térinformatikai szoftvert használjanak. Ezért kiemelkedő szerepe van a szoftver lokalizációnak, a felhasználói felület (GUI) és a dokumentáció nemzeti nyelvre fordításának. Hazánkban az egyik legelterjedtebb nyílt forráskódú asztali térinformatikai szoftver, a QGIS magyar változatán folyamatosan dolgozunk. A felhasználói felület üzeneteinek 87%-a jelenik meg magyarul, ezzel 13. helyen állunk a 76 nyelvi verzió között. A QGIS honlap tartalmát is olvashatjuk magyarul, itt 67%-os készültséggel az 5. helyen állunk. A dokumentáció fordításához eddig nem volt elegendő időnk, erőnk. A fordításokat egy kb. 10 fős változó összetételű csapat végzi, kisebb-nagyobb intenzitással.

A kereskedelmi szoftverek üzleti modelljében jelentős szerepet játszik a marketing tevékenység. Erre a tevékenységre fordítható összegek nincsenek a FOSS üzleti modellben. Ennek a hátránynak a leküzdésére hozta létre az OSGeo alapítvány és az ICA (International Cartographic Association) a Geo For All kezdeményezést, melyhez később az ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) is csatlakozott. A kezdeményezés lényege, hogy világszerte a felsőoktatási intézményekben alakuljanak olyan laborok, ahol a nyílt forráskódú szoftverek oktatásával foglalkoznak és a kutatási projektjeikbe bevonják azokat. 2011 vége óta 108 ilyen labor alakult meg, a legtöbb Európában található (46), ebből három Magyarországon.



## Nyílt forráskódú fejlesztések oktatási célokkal

A BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszéken is található egy Geo For All labor (lásd: <http://www.geod.bme.hu/osgeolab>), ahol a szoftverek kezelésének és alkalmazásának az oktatása mellett egyre nagyobb hangsúlyt fektetünk arra, hogy a diákjainkat megismertessük a nyílt forráskódú fejlesztési modellt is. A vezető nyílt forráskódú térinformatikai programok meglehetősen összetettek, több tízezer, nem ritkán több százezer sor kódból állnak. Ezek fejlesztésébe egy szárnyait bontogató, kezdő fejlesztő, egyetemista nehezen tud bekapcsolódni. Hosszabb betanulási folyamatra van szükség.

A projektekhez csatlakozó önkéntesek általában több lépcsőn keresztül jutnak el odáig, hogy valamelyik szoftver belső (core) fejlesztői közé kerüljenek. Ez a folyamat a szoftver kezelésének megismerésével kezdődik, ezen tapasztalatok birtokában az egyes szoftverekhez kapcsolódó levelező listákon vagy internetes fórumokon (pl. <http://gis.stackexchange.com>) már segíteni tudunk a kezdő felhasználóknak. Ezzel már bekapcsolódunk a nyílt forráskódú fejlesztések legnagyobb erejét jelentő közösségbe. Megfelelő nyelvtudás esetén innen egyenes út vezethet a programtesztelés, dokumentálás illetve lokalizálás irányába. A honosításban részt vevőknek elsősorban az anyanyelvüket kell jól ismerniük.

A következő lépés, a fejlesztővé válás, általában nagyobb erőfeszítést igényel azoktól, akiknek a programozói ismeretei hiányosak. A BME Építőmérnöki Karán a programozói készségek fejlesztése nincs az oktatás fókuszában. Így a karunkon tanuló és végzett diákok illetve az oktatók többsége sem szerez, szerzett jártasságot a programozás területén. Ez vezetett bennünket arra a gondolatra, hogy a szoftver kezelés tanítása mellett a programozás oktatás területén is lépjünk a laborunkban.

Az oktatási tevékenységünk során először – 2008 táján – a posztgraduális Műszaki térinformatika szakirányú továbbképzésünkbe vontuk be a nyílt forráskódú térinformatikai programokat. Eleinte az asztali szoftvereket (QGIS és GRASS) használtuk. Később a szerver oldali komponenseket (MapServer és PostGIS) is bevontuk a tananyagba. Ezzel lehetőségünk nyílt arra, hogy akár az összes diák számítógépén (a számítógép laborban és a diákok otthoni gépén is) a szerver oldali komponenseket telepítsük, használjuk. Majd a böngészőből használható vékony kliensek is bekerültek az oktatási palettába (OpenLayers). Ennek kapcsán számos oktatási segédletet készítettünk, melyeket az interneten bárki számára elérhetővé tettünk (<http://www.geod.bme.hu/gis>). Manapság már nem csak a tanszéken készült oktatóanyagok érhetők el a honlapunkon, a magyar nyelvű FOSS4G oktató anyagok egy gyűjtőhelyévé vált.

A posztgraduális képzésben az objektum orientált térinformatikai programozás is a tananyag részét képezi. Itt is egyre inkább az nyílt forráskódú térinformatikai szoftverek programozásával foglalkozunk, például QGIS Python modulok készítése illetve OpenLayers alapú vékony kliensek létrehozása. Itt merült fel először, hogy a hallgatókkal olyan feladatokat oldjunk meg, melyek mások számára is hasznosak



*2. ábra Oktatás az OSGeo laborban*

lehetnek. 2013 őszén készítettük el a Realcentroid QGIS modult, melyet a hivatalos QGIS modul oldalra is feltettünk (<http://plugins.qgis.org/plugins/realcentroid>). Az azóta eltelt két év alatt több mint 15000 letöltés volt. Senki sem gondolta az ötlet megszületésekor, hogy ekkora sikerélményben lesz részünk egy ilyen viszonylag egyszerű térinformatikai probléma megoldásával.

2015-ben készítettük el a AttributeSplit modult a diákokkal (<https://github.com/zsiki/AttributeSplit>). Ezzel a modullal nem sikerült az előzőhöz hasonló sikert elérni, mivel ez a funkcionalitás időközben – tőlünk függetlenül – bekerült a QGIS alapszoftverek közé.

Emellett a 2013 óta a tanszékünk által rendezett Foszorgézu konferenciákat két-három párhuzamos oktatási szekcióval zárjuk (2013. QGIS és GRASS, 2014. QGIS, PostGIS és OSM szerkesztés, 2015. OpenLayers és Python GIS programozás). 2014-ben a debreceni térinformatikai konferencia kísérő rendezvényén az egyik a posztgraduális képzésünkön végzett diákkal (Padányi-Gulyás Gergellyel) együtt GRASS GIS tanfolyamot tartottunk. A kétfévente megrendezett gita konferenciákon is workshopokat tartottunk (2013. PostGIS, 2014. Könnyűsúlyú térinformatika böngészőből), melyek során nyílt forráskódú térinformatikai szoftvereket is alkalmaztunk.

A nyílt forráskódú térinformatika elterjesztése érdekében a tanszéki kollégák, a doktoranduszok és a kiemelkedő hallgatók számára is rövid kurzusokat indítottunk. Ezt a sorozatot a tanszéki nyílt forráskódú projektünk, az Ulyxes alkalmazói és fejlesztői ismeretekkel kezdtük. Erről a projektről a 2015. évi konferencián számoltam be. Az elmúlt évben Python térinformatikai programozás és Javascript/OpenLayers programozás oktatásokon igyekeztünk a belső erőforrásainkat bővíteni. Idén eddig a GNU AWK programozás és az SQL nyelv ismertetésére került sor.

Ezen oktatásokhoz készült segédanyagokat nem csak a tanszéki honlapon, hanem az OSGeo oktatási anyagok portálján is közzé tettük ([http://www.osgeo.org/educational\\_contentfilter0=&filter1=&filter2\[\]=Hungarian&filter3=](http://www.osgeo.org/educational_contentfilter0=&filter1=&filter2[]=Hungarian&filter3=)), ötöt magyar, egyet pedig angol nyelven.

Az Internetes alkalmazások a mérnöki gyakorlatban című doktorandusz tárgy keretében kisebb nyílt forráskódú, böngészőből használható alkalmazásokat készítettünk, melyeket szintén a GitHub kód tárházban teszünk közzé. Ezen projektek nem feltétlenül kapcsolódnak a térinformatikához. A diákokkal közösen választjuk ki a feladatot, mely kliens oldalon JavaScript (jQuery, Bootstrap, jQueryUI, stb.), szerver oldalon PHP vagy Python programnyelvre épül és jellemzően valamilyen adatbázisban tárolt adatokat kezel. Az alap feladatot jól szeparált részekre bontjuk, melyeket az egyes diákok önállóan oldanak meg. Egy szemeszteren belül általában egy egyszerűbb (200–400 soros), és egy összetettebb (300–1000 soros) alkalmazást készítettünk el. Egy-egy nagyobb lélegzetű projektet több éven keresztül is fejleszthetünk, menet közben a benne részt vevő diákok cserélődnek. Ezen fejlesztések eredményeit a GitHub tárházban közzétesszük (lásd: <https://github.com/OSGeoLabBp>, <https://github.com/zsiki>). A GitHub nem csak a forráskód, hanem oktató anyagok publikálására is alkalmas. Egyre több oktató anyagot helyezünk el itt is (lásd: <https://github.com/OSGeoLabBp/tutorials>).

Általában az órákon rendelkezésre álló idő nem elegendő egy programozási nyelv, környezet részletes ismertetésére, begyakorlására. Egy adott nyelvhez tartozó minimális ismeretek megszerzése után hasznosnak vélt programok megvalósítása során mélyítjük el a tudást, a hallgatókat arra ösztönözve, hogy legyenek kreatívak, bővítsék önállóan a megszerzett tudásukat, használják az internetet a megoldás keresése során (pl. <http://stackexchange.com/>, <http://gis.stackexchange.com/>).

A tanszék „nagy” nyílt forráskódú projektje, az Ulyxes fejlesztése során, az oktatók, doktoranduszok, diplomázó hallgatók munkájának köszönhetően eljutottunk egy olyan szintre, hogy az elkészített különböző automatizált mérésekre kidolgozott programokat használjuk az MSc oktatásban az Alagútmérés és automatizált mérés feldolgozás tárgyban. A fejlesztésben részt vevő diákoknak sikerélményt jelent, hogy a munkája a következő nemzedéke oktatásában hasznosul, ez is lehet egy motiváció számukra. Ebben a tárgyban emellett a mérési adatok feldolgozására GNU AWK és Octave nyílt forráskódú programokat használunk.

## **Konklúzió**

Az újabb hallgató nemzedékek, tapasztalataink szerint egyre kevésbé kreatívak. A mérnöki területeken a jó szakemberektől elvárják a kreativitást. Emellett a programozói ismeretek megszerzése is háttérbe szorult az utóbbi években az építőmérnökök képzésében. Mindkét területen segíthet, ha a nyílt forráskódú programok fejlesztésén keresztül tanítjuk a diákoknak a programozást. Emellett a csoportban végzett munkában is tapasztalatokra tehetnek szert.

## Felhasznált irodalom

- COSTA J.–APARICO M.–CALDEIRA T. (2014): Teaching Programming through Open Source Robotics <http://rcj.robocup.org/werob/werob2014/paper2.pdf>
- METZ C. (2014): GitHub Open Sources a Tool That Teaches Students to Code <http://www.wired.com/2015/09/github-open-sources-tool-teaches-students-code>
- PÖDÖR A.–SIKI Z. (2014): GeoForAll oktató laborok világhálózata, prezentáció <http://www.agt.bme.hu/gis/workshop3/eloadasok/GeoforAll.pdf>
- SIKI Z. (2015): Automatizált geodéziai adatgyűjtés és feldolgozás nyílt forráskódú alapokon, Térinformatikai konferencia és szakkiállítás konferencia kiadványa, Debrecen, pp. 355–360.
- SIKI Z. (2015): Térinformatikai programozás Pythonban, prezentáció <http://www.agt.bme.hu/gis/workshop4/eloadasok/python.pdf>
- SIKI Z. (2014): Trendek a nyílt forráskódú térinformatikai fejlesztésekben, Térinformatikai konferencia és szakkiállítás konferencia kiadványa, Debrecen, pp. 325–330.
- SZALAI K. (2015): Szabad közösségek – szabad a gazda, prezentáció <http://www.slideshare.net/KAMI911/szabad-szoftverek-szabad-a-gazda>

# A valós világtól, a virtuális valósáig

Stenzel Sándor

földmérő mérnök, földrendező mérnök, Geodézia Zrt. stenzel.sandor@geodezia.hu

**Abstract:** This paper briefly describes two methods of the modelling, which we use at the Geodezia International. The first one, which is based on the laser scanner technology has two versions: the mobile (MMS) and the terrestrial scanning. The second one is based on the usage of UAVs using digital photogrammetry method. Both laser scanner solutions provide high-accurate pointclouds, with high-speed and with high-resolution. The MMS is a very complex calibrated measurement system, which we can use on different carriers, according to our current task. By the MMS technology, the absolute registration of the pointcloud is calculated from the GNSS, IMU, DMI sensors, in one step. The terrestrial scanner method needs relative registration among the pointclouds, by easily identifiable common points. In the second step, we make the absolute registration of the merged pointclouds using control points. Finally, we build the 3D models from the registered, filtered pointclouds. The other method is the photogrammetrical way. In this case the model is built from aerial digital photos. We are taking overlapped pictures from an octocopter UAV, which flies along a pre-defined trajectory. We make the relative and absolute orientation of the pictures by the help of control points. When the photogrammetrical model is ready, we can generate pointcloud from the model.

## Bevezetés

A Geodézia Zrt. Közép-Európa egyik legnagyobb geoinformatikai vállalkozásaként, széleskörű térbeli adatgyűjtési és feldolgozási eszköztárral rendelkezik. Cikkemben ezekből mutatok be néhányat.

A terepi objektumok helyzetének, állapotának teljesen valósághű rögzítését, speciális felmérő- és térinformatikai rendszerekkel előállított pontfelhővel valósítjuk meg. A pontfelhő nem más, mint a terep nagypontosságú, nagyfelbontású, irodában szemlélhető, interpretálható, 3-dimenziós leképzése (1. ábra).



1. ábra Terep és a belőle leképzett, mérhető virtuális valóság



2. ábra Pontfelhő előállítására szolgáló terepi mérőrendszerek a Geodézia Zrt.-nél: MMS (vasúti/közúti), álló szkennerek, UAV

A pontfelhő előállítása történhet egyrészt lézer szkennelési technológiával. Ebben az esetben megkülönböztetünk mozgó (mobil) és álló (statikus) szkennelést.

Az előbbinél a mérőrendszer valamilyen hordozón rögzítik (pl.: közúti-, vasúti jármű, mérőhajó), s mozgás közben végzi a nagytömegű pontfelvételezést, míg az utóbbinál a szkennerek műszerállványon helyezik el és saját állótengelye körül elfordulva végzi a letapogatást.

Pontfelhő előállítása történhet fotogrammetriai úton is. Ebben az esetben átfedéssel készült digitális légi-, vagy földi felvételekből áll elő a térmodell, melyből informatikai úton generálunk pontfelhőt. A mérőkamerát légi észleléskor egy kopterjellegű UAV hordozza.

A pontfelhő egyedülálló információtartalma miatt, a belőle előállítható eredménytermékek is nagyon széles skálán mozognak – a mindenkori feladat jellege és a megrendelő igényei szerint (2. ábra).

### Riegl VMX-450 MMS – a mobil térképező rendszer

A MMS (Mobile Mapping System) egy összetett, kalibrált felmérő rendszer, melyet a Geodéziai Zrt. közúton és vasúton is egyaránt alkalmaz nagy pontosságú, nagytömegű és nagysebességű pontfelvételezéshez (3. ábra).

Rendszerelemei:

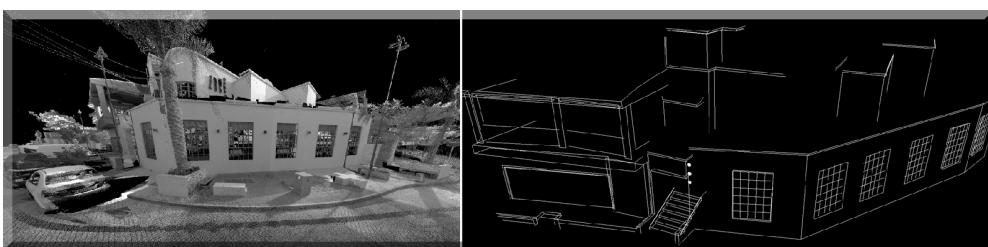
- 2 db Riegl VQ-450 3D-szkennerek
- Riegl VMX-450 CS6 kameravezérlő
- 6 db Riegl kamera
- 1 db LadyBug 5 digitális szférikus kamera
- 1 db Trimble GNSS rendszer
- 1 db Applanix IMU (Inertial Measurement Unit) – tehetetlenségi navigáció
- 1 db DMI (Distance Measurement Indicator) – kerékelfordulás mérő
- 1 db VMX-450 CU (Control Unit) – adatrögzítő/ vezérlő egység

A ToF (futási idő mérésen alapuló), teljes hullámhossz digitizálásra képes szkennerek tükrei 12.000 RpM forgási sebességgel, összesen 1.1 millió pont/mp felvételezésére alkalmasak, 140–800 méteres hatótávolsággal. 40 km/h-s sebességgel haladva, 10 méteren, ~2000 pt/m<sup>2</sup> keletkezik.





3. ábra Riegl VMX-450 MMS



4. ábra Bahreini utcarészlet színezett pontfelhőben és az abból származó 3D-s épületkiértékelés

A rendszer nagy előnye a rövid terepi jelenlét, a teljeskörű, akár városszintű felmérés utazósebességgel valósul meg.

A szkennelés mellett folyamatosan fényképezés is történhet, így akár színezett pontfelhő is előállítható a mérésből.

A mérés abszolút illesztése, azaz a pontfelhő georeferálása, a 20 Hz-es GNSS adatrögzítésből, illetve az IMU és egyéb szenzorokból származó 200 Hz-es adatok utófeldolgozásával, egy lépésben megtörténik. A mért pontok megbízhatósága, terepen mért illesztőpontok alkalmazásával elérheti a 2–3 cm-t!

A pontfelhő felüldigitalizálásával 3D vektorrajzok (térképek, szintvonalrajzok, homlokzat rajzok, hossz- és keresztmetszetek), de egyéb eredménytermékek (DTM, tömeg- és térfogat számítások, ellenőrzési kimutatások) is előállíthatók (4. ábra).

### **Stonex X300 – a 3D-állóskenner**

A Geodézia Zrt. jelenleg 3db Stonex X300 3D-skennerrel rendelkezik (5. ábra). Ezek a kis súlyú és méretű műszerek 300 méter hatótávolságú, ToF mérőrendszerek, pont-felvételezési sebességük 40.000 pont/mp, felbontásuk 39mm x 39mm@100m, megbízhatóságuk <6mm@50m.

Az eszközök egyik előnye a beépített a fix IP címmel rendelkező Web UI, mert így nem igényelnek különösebb terepi kezelőegységet. Bármilyen WiFi képes és internetes böngészővel ellátott eszköz (okostelefon, tab, laptop) alkalmas





5. ábra Stonex X300 3D-szkennel

a szkennervezrlésre, operációs rendszerétől függetlenül (Android, iOS, Windows).

A Stonex X300 3D-állószkenner vertikális nyílásszöge  $90^\circ (+65^\circ-25^\circ)$ , azaz nem alkalmas ún. dóm szkennelésre. Ezt küszöböli ki az a „bölcső” (framework), melyben a műszer derékszögben az állványon lefektethető, így az álláspont felett is alkalmas a pontfelvételezésre. Az állószkenner is rendelkezik digitális kamerával, így szkenneléssel egy időben mód van mérőképek rögzítésére is, illetve valódi színes pontfelhő generálására.

Korábban a Stonex X300 szkennerből származó pontfelhők illesztését két lépésben; relatív vagy abszolút módon kellett végrehajtani. A különböző álláspontból származó pontfelhők közös pontok átazonosítását követően, az abszolút pozícióval rendelkező illesztőpontokra el kellett végezni a transzformációt.

A Geodézia Zrt. mindkét állószkenneréhez rendelkezik olyan GPS kiegészítővel, mellyel RTK GNSS vevő rögzíthető és kapcsolható a műszerhez. A műholdas rendszerből származó geodéziai megbízhatóságú (cm-es) FIX pozíció automatikusan rögzítésre kerül a szkennelési fájlba, így a feldolgozás során a relatív és abszolút illesztés az álláspontok helyzete alapján, egy lépésben történik meg. A kész pontfelhőből számtalan, az MMS-nél bemutatott termék (DTM, vektorrajz, térfogatszámítás, inspekciós dokumentáció, stb.) előállítható.

## Pontfelhő generálás UAV technológiából

A Geodézia Zrt. harmadik, nagytömegű pontfelhő generálási technológiája eltér a korábbiakban bemutatottaktól.

Ennek oka, hogy ennél a fotogrammetriai megoldásnál nem a digitális modell áll elő a pontfelhőből, hanem a pontfelhőt generáljuk a modelltől.

Az UAV (Unmanned Aerial Vehicle) egy fajlagosan kis befektetést igénylő felmérési technológia. A Geodézia Zrt. cégcsoport rendelkezik egy nyolc rotoros, ún. oktokofter drónnal (7. ábra). A jármű maximális sebessége 40 km/h, működési magassága pedig 250 méter. Jelenleg az 1Hz-es légi felvételezéshez, 21,1 Mpx-es Canon 5D MarkII típusú kamerát használunk. Ez a felszerelés átlagos fényviszonyok mellett 100 m magasságból 10-15 mm-es terepi felbontást tesz lehetővé. Mivel a drón akár 5 kg terhet is képes magával vinni, igény szerint egyéb szenzor (pl.: LIDAR, gázkoncentráció mérő) is rögzíthető rá.

Az oktokofter előre programozott repülési terv mentén hajtja végre a légifényképezést, majd visszatér a kiindulási pontra. Ezt integrált GPS rendszer teszi



6. ábra Stonex X300: Framework dóm-szkenneléshez, illesztőpont meghatározása önálló RTK GNSS-szel és közvetlenül a szkennerral



7. ábra Oktokopter UAV



8. ábra UAV alkalmazása Bahreinben, földi vezérlő, az operátor által is szemlélhető, UAV szemszögéből látható valósídejű videó-adatfolyam

lehetővé. A rendszer része egy beépített kamera, melynek élő képét az operátor a földi vezérlőállomás kijelzőjén szemléli (8. ábra).

A mérőképekből a feldolgozó szoftverből automatikusan összeáll, az un. durva képmóddal, majd a kapcsolópontok szintén automatizált keresését követően, a durva felszínmodell is. Az illesztőpontok kézi kijelölését és koordinátáik megadását követően a légi-háromszögelés szintén teljesen automatizált folyamat. Az un. finom kép- és felszínmodell generálását követően a szoftverből ortofotó és a modellre generált pontfelhő írható ki.

## **A módszerek egyesítése és néhány eredménytermék bemutatása**

Mint látható a Geodézia Zrt. nagyon korszerű 3D adatgyűjtési és adatfeldolgozási technológiákkal rendelkezik. Ezek önállóan is hatékony módszerek, ám mód van a technológiák együttes alkalmazására és a belőlük származó pontfelhők összekapcsolására!

Előfordulhat, hogy az MMS takart környezetben, mozgás közben nem képes mindenhová „bemérni”. Ilyenkor alkalmazható kiegészítőjeként az állószkenner.

Az MMS szenzoraiból származó georeferált pontfelhőhöz az állószkenner pontfelhőit többféle módon is illeszthetjük. Történhet egyszerűen a pontfelhők átfedéseiben közös jellegzetes pontok kijelölésével, de alkalmazható az abszolút illesztéshez az állószkenner tetején elhelyezett RTK GNSS geodéziai megbízhatóságú FIX pozíciója is.

A magas, bonyolult, tagolt objektumok teljes 3D modelljeinek előállításához szükség van olyan eszközre, amely olyan magasságban is képes kiegészítő pontfelhőt alkotni, ahová az MMS szenzorai és/vagy állószkennek a kitakarás, vagy hegyes beesési szög miatt képtelenek „felmérni”. Erre kínál megoldást az UAV-ról végrehajtott légifotózás, ahol a georeferálás (légiháromszögelés) szintén a földi közös pontokra támaszkodva valósul meg.

# A szennyezésterjedés modellezése egy kelet-magyarországi szennyvízleürítő példáján

Szabó György<sup>1</sup> – Bessenyei Éva<sup>2</sup> – Hajnal Andor<sup>3</sup> – Csige István<sup>4</sup> –  
Mester Tamás<sup>5</sup>

<sup>1</sup> egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
szabo.gyorgy@science.unideb.hu

<sup>2</sup> doktorjelölt, Debreceni Egyetem, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
bessenyeieva84@gmail.com

<sup>3</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Földtudományok Doktori Iskola, handor@mailbox.unideb.hu

<sup>4</sup> tudományos főmunkatárs, tanszékvezető MTA ATOMKI, Környezet- és Földtudományi Osztály,  
csige.istvan@atomki.mta.hu

<sup>5</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék,  
meter.tamas@science.unideb.hu

**Abstract:** In this work we suggest a novel calibration method of the model for hydrodynamic and contaminant transport using the example of a sewage disposal site set up uninsulated in a sandy environment. With the hydrodynamic model we applied time-dependent model calculations in order to fit the individual hydrodynamic parameters. For the calibration of the transport model sodium was chosen, which has a negligible retardation factor.

## Bevezetés

A világon sok helyen probléma a felszín alatti vizek antropogén eredetű szennyezettsége. Ezek háttérben gyakran mezőgazdasági és ipari eredetű szennyezések állnak, de ezek mellett a települések csatornázatlansága, a rosszul szigetelt, illetve szigeteletlenül megépített lakossági derítőaknák, a műszaki védelem nélkül létesített települési folyékony hulladék leürítő helyek, valamint a szilárd hulladékokat fogadó hulladéklerakók is komolyan szennyezhetik a talajvizet (PHAN K. ET AL. 2014).

A felszín alatti vizek minőségének és az esetleges szennyeződések terjedésének nyomon követésére elengedhetetlen monitoring hálózat üzemeltetése. Ugyanakkor a mérési eredmények értelmezése megkívánja koncepcionális földtani modell megfogalmazását. További jelentős minőségi elemzést tesz lehetővé, amennyiben rendelkezésre áll koncepcionális modellen alapuló matematikai modell. Az utóbbi évtizedekben a számítástechnika rohamos fejlődésének köszönhetően mind gyakoribbá váltak az ilyenfajta modellalkotások, illetve ezek alkalmazása a talajvízvédelmi problémák megoldására (SONNEVELD M.P.W. ET AL. 2010).

Kutatásainkat egy közel 30 éven át üzemelő, majd rekultivált szennyvízleürítő telephely környezetében végeztük. Kutatásunk egyik célja, hogy a rendelkezésünkre álló mérési eredmények alapján olyan kalibrációs eljárást dolgozzunk ki, amely jelentősen megnöveli a szennyeződésterjedési modell megbízhatóságát. További

célunk, hogy az így kalibrált modell segítségével képet kapjunk a vízminőség tér- és időbeli változásának főbb jellemzőiről, a talajvíz rekultivációt követő tisztulási folyamatának alakulásáról.

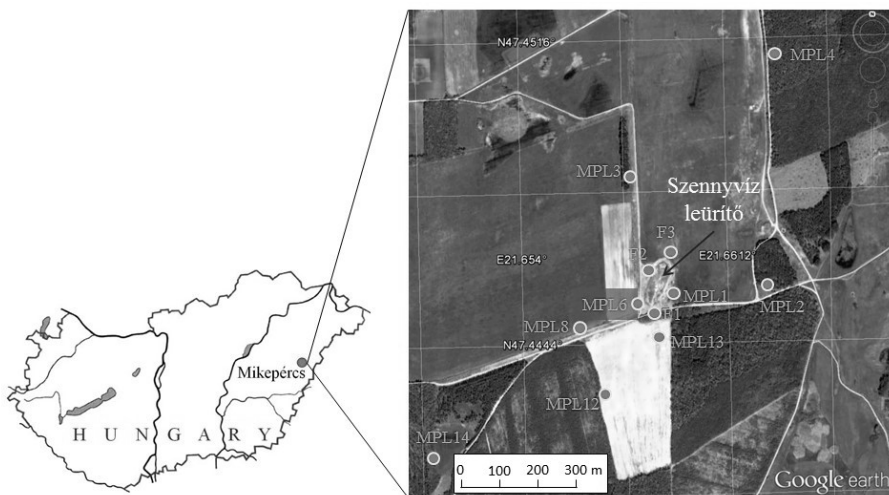
## Anyag és módszer

### *A mintaterület bemutatása*

A vizsgált terület Magyarország keleti részén, Debrecéntől 8 km-re délre található, Mikepércs község közigazgatási területén (1. ábra). Földtani felépítését tekintve D-DNy-i irányba lejtő, eolikus eredetű homokkal fedett hordalékkúp síkság. Egy felhagyott homokbánya gödrét használták fel a településen keletkezett szennyvíz leürítésére 1982 és 2011 között. A leürítő engedély nélkül létesült és üzemelt, semmilyen műszaki védelemmel nem rendelkezett. A leürítőt homokos mechanikai összetételű talajon alakították ki. Korábbi kutatások igazolták, hogy a leürítés következményeként a talajvíz igen erősen elszennyeződött (SZABÓ GY. ET AL. 2007; SZABÓ SZ. ET AL. 2007). A szennyvízleürítő rekultivációjára 2011 tavaszán került sor.

### *Mintavétel, laboratóriumi vizsgálatok*

A talaj-, illetve a talajvíz-minták gyűjtése céljából a leürítőhely környezetében 2004 óta összesen 12 sekélyfúrású talajvízkutat létesítettünk Eijkelkamp típusú kézfűró segítségével. A furatok beléscsővezése 50 mm átmérőjű PVC csövekkel történt, melyek alsó 1 méteres szakasza kútszövettel van beszűrőzve. A furatokból 20 centiméterenként vettünk talajmintákat, melyeket műanyag zacskókban szállítottunk a Debreceni Egyetem Földrajzi Laboratóriumába. A mintákat 60 °C-on kiszárítottuk, majd Khön-pipettás módszerrel meghatároztuk a szemcseösszetételt.



1. ábra A mintaterület, a mintavételi pontok és a vertikális szelvények (A-B, C-D) elhelyezkedése (Kép: GoogleEarth)

A vízmintavétel perisztaltikus pumpával történt a tisztító szivattyúzást követően (MSZ 21464:1998). Minden mintavétel alkalmával lemértük a talajvíz mélységét. A vízminták műanyag flakonokban kerültek a Debreceni Egyetem Földrajzi Laboratóriumába, ahol a Na-koncentrációt Perkin Elmer 3110 AAS atomabszorpciós készülékkel határoztuk meg.

A mérési eredményeket Microsoft Excel adatbázisban rögzítettük. A térképek szerkesztését a Surfer 11.0 (Golden Software LLC) program segítségével, krigeléses interpolációval végeztük.

### ***Modellszámítás***

A mérési eredmények értelmezése és a szennyezőanyagok felszín alatti vizekkel való hosszabb távú terjedésének előrejelzése céljából hidrodinamikai és szennyeződésterjedési modellszámításokat végeztünk. A modellezett tartomány vízszintes kiterjedése 1,8 km x 1,4 km (2,52 km<sup>2</sup>), függőleges kiterjedése a Balti-tenger szintjétől 115 m-es magasságig tart. Koordinátarendszerként az EOVS rendszert használtuk, amelyben egy egység egy méternek felel meg. A felszín digitális domborzatmodelljének felépítéséhez 2 db. TRIMBLE S9 kétfrekvenciás, nagypontosságú geodéziai GPS segítségével végzett helyszíni méréseink eredményeit használtuk. A felszín interpolálása szabálytalan háromszöghálóra történt.

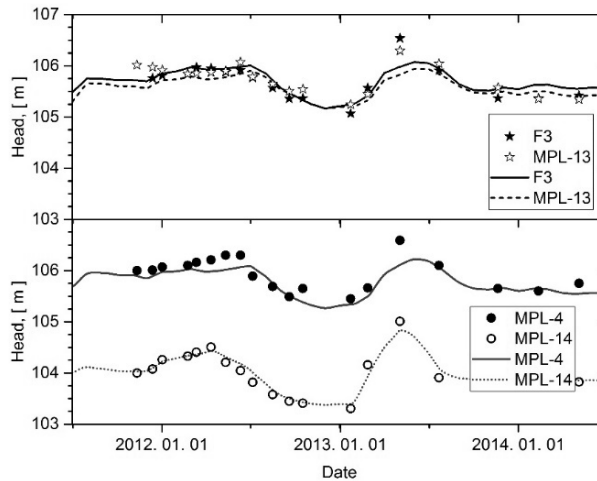
A leürítő hely környezetében található, 258,6 m-es talpmélységű, VF-4/A jelzésű rétegvízút fúrás naplójának elemzése alapján (MARTON L. 2009) a modellben 5 különböző földtani réteget különítettünk el. A felszínközeli rétegekben a földtani felépítés uralkodó frakciója a homok, 54 méteres mélységben azonban agyagos és iszapos rétegek jelennek meg 50 méteres vastagságban (SZABÓ SZ.–SZABÓ GY. 2005; MARTON L. 2009). A szennyvízleürítő környezetében fúrt saját kivitelezésű sekélyfúrásokból vett minták szemcseméret-eloszlása, valamint a rétegvízút rétegsora alapján határoztuk meg a modell szivárgáshidraulikai paramétereit: szivárgási tényező ( $K_{xx}$ ,  $K_{yy} \sim 10^{-5} - 10^{-7}$  m/s,  $K_{zz} \sim 10^{-5} - 10^{-8}$  m/s), fajlagos tárolási tényező ( $S_s \sim 10^{-5}$  m<sup>-1</sup>).

A rendszer hidrodinamikai paramétereinek kalibrációjához először időben változó hidrodinamikai modellszámításokat végeztünk. Ezt az tette lehetővé, hogy a leürítő rekultivációját követően mintegy 3 éves időtartamra rendelkezésünkre álltak a szükséges csapadék és evapotranspirációs bemenő adatok, valamint a modell kalibrációjához és validálásához szükséges hidrodinamikai potenciálmérések is. A modellezés során az alábbi egyenletet oldottuk meg:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

ahol  $W$  a forrásokat és nyelőket reprezentáló elemi cella térfogatárama;  $h$  a hidraulikus emelkedési magasság. A tranziens számítások során, a tartomány határán a hidrodinamikai potenciál értékeket úgy állítottuk be, hogy azok minél jobban közelítsék a tartomány határához legközelebb eső (MPL-4-es és MPL-14-





2. ábra A számolt hidrodinamikai potenciálok (folytonos görbék) a megfigyelő kutakban mért vízszintekkel (jelölők)

es) megfigyelő kutakban mért vízszinteket. A hidrodinamikai modellt az „USGS MODFLOW 2005” numerikus motorral (HARBAUGH A.W. 2005) futtattuk. A 2. ábrán a hidrodinamikai potenciál számítási eredményeit láthatjuk néhány kiválasztott megfigyelőkút mérési adataival összevetésben.

A kalibráció során a modell paramétereit közül a csapadék beszivárgó hányadát, az evapotranspiráció átlagos mértékét, valamint a második réteg hidraulikai vezetőképességét úgy állítottuk be, hogy a többi megfigyelőkútban a mért és a számolt vízszintek négyzetes eltérésének összege (RMS) az összes megfigyelési időpontra átlagolva minél kisebb legyen. Egy példaként kiválasztott megfigyelési időpontra (446. nap) vonatkozó normalizált RMS értéke igen alacsony (6,395%), s a korrelációs koefficiens is közelít az 1-hez ( $r = 0,966$ ), tehát a modell megbízhatónak tekinthető.

Az így kapott tranziens modell paramétereit felhasználva, és a területre jellemző évi átlagos beszivárgással állítottuk elő azután azt a stacionárius hidrodinamikai modellt, amelyet a szennyezőanyag transzportjának számítására használtunk. Szennyeződésterjedési számításokhoz a nátriumot választottuk, mivel kis retardációs faktorral ( $R \sim 1,5$ ) rendelkezik (ROWE R.K. ET. AL. 2004), tehát viszonylag konzervatív, így a talajvízben történő terjedése során nem alakul át, illetve kevésbé tud megkötődni (SAYYED A.J.–BHOSLE B.A. 2011). Fontos szempont volt az is, hogy az adott szennyező elsősorban a telephelyen összegyűjtött szennyvízből származzon. A szennyezőanyag terjedésének modellezése során a következő egyenlettel számoltunk:

$$\frac{\partial(\theta C)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C)$$



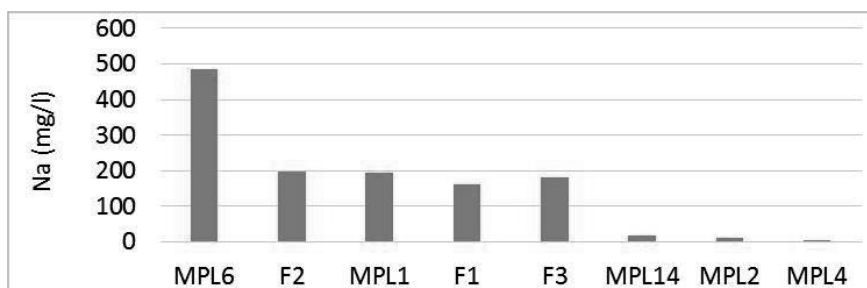
ahol  $C$  a vízben oldott nátrium koncentrációja;  $\theta$  a földtani közeg porozitása;  $t$  az idő;  $x_i$  a megfelelő koordináta-tengelyen lévő távolság;  $D_{ij}$  a hidrodinamikai diszperzió (tenzor);  $v_i$  a szivárgás sebessége. A szennyezőanyagok terjedését befolyásoló diffúziós állandót  $4 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ -ban határoztuk meg. A longitudinális diszperzivitást 10 m-nek vettük, a horizontálisat 1 m-nek, a vertikálisat pedig 0,1 m-nek.

A szennyeződés terjedésének számításához a MT3DMS v. 5.2 numerikus transzport motort (ZHENG C.–WANG P.P. 1999) alkalmaztuk. A modell kalibrációja során az illesztendő paraméterek a Na-koncentrációk voltak a tározó északi és déli térfogatában. A transzportszámítások kalibrálását a rekultivációt követő időpontra végeztük, melyre rendelkezésre álltak megbízható mérési adatok. A kapott értékek alapján megállapítható, hogy a transzportmodell megbízhatósága is elfogadható, hiszen a normalizált RMS érték 10% körüli és a korrelációs koefficiens ( $r = 0,965$ ) értéke is közel van 1-hez.

## Eredmények

Első lépésben igazolnunk kellett, hogy a nátrium elsősorban a leürítőhelyen elhelyezett szennyvízből származik. Szikes területeken ugyanis a talajvíz nátriumtartalma természetes körülmények között is megemelkedhet. A monitoring kutakból származó vízminták alapján azonban egyértelműen kijelenthetjük, hogy a leürítőhely hatásterületén nem kell számolnunk a szikesedési folyamattal, hiszen a leürítőtől távolabb elhelyezkedő kutakban (MPL14, MPL2, MPL4) igen alacsony, rendre 20 mg/l alatti nátriumtartalmat határoztunk meg. A mintegy egy nagyságrenddel nagyobb (150–500 mg/l) értékek kivétel nélkül a leürítő közvetlen környezetében található kutakban (MPL6, F2, MPL1, F1, F3, MPL13) jelentkeztek (1. és 3. ábra).

A nátrium terjedésére vonatkozóan a modellel két, időben egymást követő időszakot vizsgáltunk. Az első időszakban 30 éven át folyamatosan üzemelő, szennyezőanyaggal feltöltött tározót tételeztünk fel. A második időszak a szennyezőanyag eltávolítását követő rekultivált, homokkal feltöltött tározóra vonatkozik. Az üzemelés 30 éves időszakában a hidrodinamikai potenciálteret statikus állapotra számoltuk a tranziens modellhez képest azzal a lényeges különbséggel, hogy



3. ábra A Na-szennyezésnek kitett és a szennyező forrástól távol található kutak vizének átlagos Na-tartalma a vizsgálati időszakban (2004-2014)

a tározó területén előírtuk azt a vízszintet, amely az üzemelés időszakából mérési adatok alapján rendelkezésre állt.

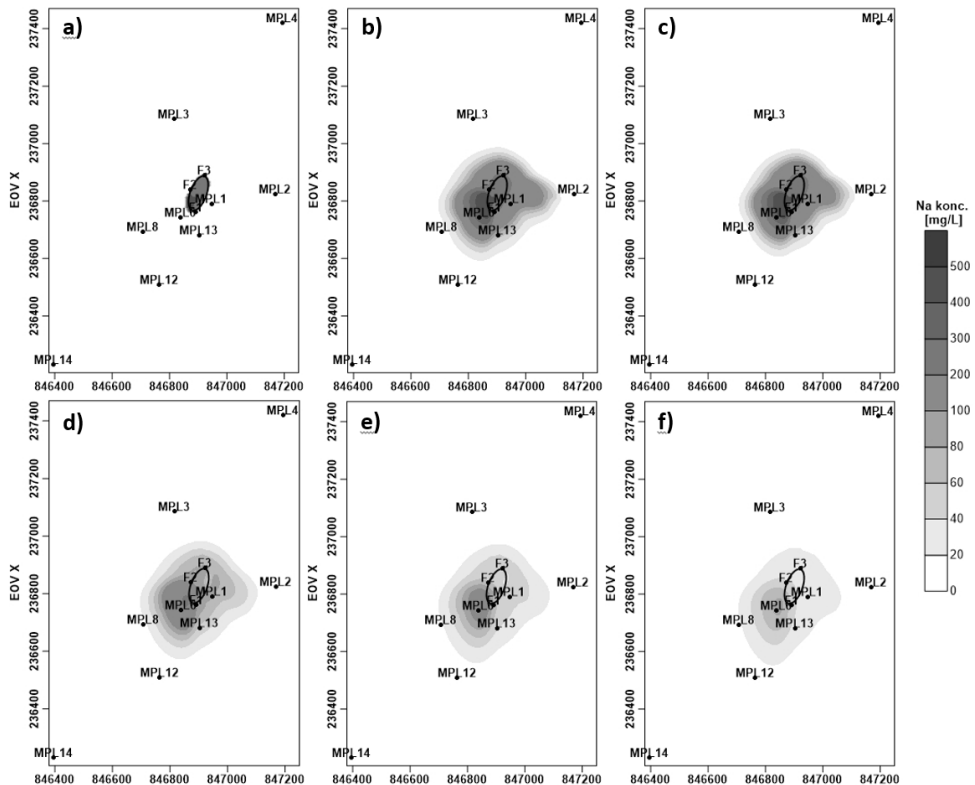
Az üzemelés időszakában a telített és a telítetlen zóna határán a modell alapján kalkulált maximális horizontális szivárgási sebesség  $4,2 \times 10^{-6}$  m/s volt. A rekultivációt követően a horizontális ( $1,3 \times 10^{-6}$  m/s), szivárgási sebesség esetében csökkenés figyelhető meg, ami a leürítés miatt kialakult dómszerű hidrodinamikai potenciáltér megszűnésével magyarázható.

Az üzemelés időszakában jellemző dómszerű potenciáltérben a szennyezőanyag terjedésének szimulációjánál a tározó északkeleti 3/4 térfogatában 200 mg/l konstans, a tározó délnyugati 1/4 térfogatában pedig 500 mg/l konstans Na-koncentrációt tételeztünk fel. A leürítőt egy földgát választotta ketté, s a két medencerész között a kapcsolat az alacsony vízállások idején megszűnt, ezért a délnyugati medencerészben lehetőség nyílt a bepárlódásra (4.a ábra). A szennyvíz leürítése a nagyobb méretű, északkeleti medencerészbe történt, tehát ott folyamatosan megvolt a lehetőség a hígulásra.

Az üzemelési időszakban a leürített szennyvíz következtében kialakult talajvízdóm hatására a szennyezés sugárirányú terjedése figyelhető meg, tehát nem érvényesült a természetes állapotban jellemző ÉK-DNy-i irányú áramlás. A számítások szerint a felszíntől 3 m mélységben a szennyezés a 15. év végére horizontálisan 180–220 m távolságra jutott el (4.b ábra). Ebben a távolságban a Na-koncentráció értéke a területre jellemző háttérkoncentráció szintjére (20 mg/l) csökken. 30 év elteltével (az üzemelési időszak végére) ebben a mélységben a Na-szennyezés a modellszámítások és a vízminták mérési eredményei szerint is mintegy 200–250 m-es távolságig mutatható ki, a szennyezés által érintett terület nagysága  $112000 \text{ m}^2$  (4.c ábra).

A rekultivációt követő 15 éves felhagyási idősakra végzett számításokban a kiindulási szennyezőanyag-koncentrációt az első időszak végére kapott koncentráció-eloszlásból vettük át, kivéve magát a tároló térfogatát, ahol szennyezőanyag mentes, tiszta homokkal kitöltött tartományt definiáltunk, mivel a rekultiváció során a szennyvizet és a szennyvíziszapot eltávolították a tárolóból. Az így kapott eredményekkel 15 évre előre jeleztük a szennyezőanyag horizontális terjedését. Ebben az időszakban már a természetes, ÉK-DNy-i talajvízáramlási irány érvényesül. Mivel a szennyezőanyag utánpótlása megszűnt, a modell a Na-koncentráció fokozatos hígulását jelzi előre. A modell szimulációk alapján öt év elteltével még 250–300 mg/l közötti Na-koncentrációval kell számolni a leürítő délnyugati csücskében (4.d ábra), s tíz év elteltével a leürítő délnyugati csücskében már 200 mg/l alatti koncentrációt jelez a modell (4.e ábra).

15 év elteltével a fentebb említett hely környezetében már 80–100 mg/l-es koncentrációt jelez a modell. A 20 mg/l-es háttérkoncentrációt meghaladó szennyezett terület nagysága 94 ezer  $\text{m}^2$  lesz a modell szerint. A rekultivációt követő 15 éves időszak alatt szennyezés mértéke és a szennyezett terület nagysága tehát fokozatosan csökkenni fog, miközben a szennyezés lassan DNy-i irányba migrál (4. ábra).



4. ábra A Na-szennyeződés terjedése a felszíntől 3 m mélységben: a) üzemelés kezdete (1982), b) üzemelés kezdete utáni 15. év (1996), c) üzemelés kezdete utáni 30. év, rekultiváció (2011), d) rekultiváció utáni 5. év (2016), e) rekultiváció utáni 10. év (2021), f) rekultiváció utáni 15. év (2026)

## Következtetések

Tanulmányunkban javaslatot tettünk a hidrodinamikai és szennyezőanyag terjedési modell újszerű kalibrációjára. A hidrodinamikai modell esetében időfüggő modellszámítást végeztünk egyes hidrodinamikai paraméterek illesztésére. A transzportmodell kalibrálása pedig az elhanyagolható retardációs faktorról rendelkező nátriummal történt.

Megállapítottuk, hogy az üzemelési időszak végére a szennyvízleürítő telep szennyező hatása a felszín közeli (1–3 m) rétegekben kb. 200–250 méteres távolságig kimutatható, ami 112000 m<sup>2</sup> területet érint. A rekultivációt követően a szennyezés utánpótlása megszűnt, s a modellezett időszak végére a legszennyezettebb területen a szennyezés mértéke egyötödre fog csökkenni. A háttérkoncentrációt meghaladó Na koncentráció a modell szerint azonban még ekkor is 94 ezer m<sup>2</sup>-es területre fog kiterjedni.

## Felhasznált irodalom

- HARBAUGH, A.W. (2005): MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular groundwater model – the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16
- MARTON L. (2009): Energiaszint változások az ÉK-Alföld fő vízáadó rétegeiben. Debreceni műszaki közlemények (1-2).
- MSZ 21464: 1998 Hungarian Standard. Groundwater (subsurface water) sampling
- PHAN, K.–PHAN, S.–HENG, S.–HUOY, L.–KIM, K-W. (2014): Assessing arsenic intake from groundwater and rice by residents in Prey Veng province, Cambodia. *Environmental Pollution* 185, pp. 84–89.
- ROWE, R.K.–QUIGELY, R.M.–BRACHMAN, R.W.I.–BOOKER, J.R. (2004): „Barrier system for waste disposal facilities”, London: Taylor and Francis.
- SAYYED, A.J.–BHOSLE, B.A. (2011): Analysis of Chloride, Sodium and Potassium in Groundwater Samples of Nanded City in Mahabharata, India. *European Journal of Experimental Biology* 1(1) pp. 74–82.
- SONNEVELD, M.P.W.–BRUS, D.J.–ROELSMA, J. (2010): Validation of regression models for nitrate concentrations in the upper groundwater in sandy soils. *Environmental Pollution* 158, pp. 92–97.
- SZABÓ GY.–SZABÓ SZ.–SZABÓ A.–SZEMÁN B. (2007): Spatial and time variations of the groundwater quality of two different landscapes - In: Boltíziar, M. (ed.) *Implementation of Landscape Ecology in New and Changing Conditions*, ILE Slovak Academy of Sciences, pp. 421–427.
- SZABÓ SZ.–SZABÓ GY. (2005): Mikepércs községi folyékony hulladék leürítőhely részleges környezetvédelmi felülvizsgálata. Debrecen, kézirat, 29 p.
- SZABÓ SZ.–SZABÓ GY.–FODOR CS.–PAPP L. (2007): Sewage disposal and its effects on groundwater and soil quality. In: Kallabova, E., Frantal, B., Klusacek, P. (eds.) *Regions, Localities and Landscapes in New Europe, CONGEO'07*, 9 p.
- ZHENG, C.–WANG, P.P. (1999): MT3DMS: A Modular Three-Dimensional Multispecies Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems; Documentation and User's Guide, Contract Report SERDP-99-1, U.S. AERDC, Vicksburg, MS.

# Felszínborítás-változás a Tisza-tó területén az elmúlt évtized távérzékelési adatai tükrében

Szabó Loránd<sup>1</sup> – Szabó Szilárd<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MSc hallgató, DE TTK Természetföldrajzi- és Geoinformatikai Tanszék, slori567@gmail.com

<sup>2</sup> tanszékvezető egyetemi docens, DE TTK Természetföldrajzi- és Geoinformatikai Tanszék, szaboszilard.geo@gmail.com

**Abstract:** Satellite images are important information sources of land cover analysis or land cover change monitoring. At the Tisza-tó area, in a period between 2002 and 2013 we used four different spacecraft sensor's data: Landsat TM, ETM+, OLI and EO-1 ALI. From the data, we performed supervised classification with segmentation combined with the Maximum Likelihood method. Based on the maps we performed time-series change study at the area. We can conclude that around the lakes the proportion of reedy-sedgy vegetation is growing, and the proportion of forests are slightly reduced. In the case of open water surfaces we can't determine any trend.

## Bevezetés

A távérzékelés során nyert műholdfelvételek sokoldalúan használhatók az élet számos területén, mint például az erőforrás-kutatásban, vagy a tájváltozás vizsgálatban (BURAI ET AL. 2015; KOHÁN ET AL. 2014; SZABÓ ET AL. 2013). Ez utóbbi többek között a környezetvédelem számára szolgáltat hasznos információkat. A távérzékelés segítségével gyorsan megállapítható egy-egy védett terület felszínborításának változása az évek során, de műholdak visszatérési idejétől és a felhőborítottságtól (vagyis a használható felvételek számától) függően akár egy éven belül is (VAN LEUWEN ET AL. 2012). Egyes szenzorok spektrális tulajdonságai alkalmasak lehetnek a vegetáció állapotának a felmérésére (BALÁZS-LÓKI, 2014), így nagy területről gyorsan, terepi felmérés nélkül is információhoz juthatunk, vagy éppen kritikus jelenségekre mutathatunk rá/határolhatunk körbe, melyekhez irányított terepi vizsgálatokra van szükség. (LÓKI, 1996; KRISTÓF-BELÉNYESI, 2011).

Célunk a Tisza-tó felszínborítási viszonyainak bemutatása a teljes vizsgált időszak (2002–2013) során.

## Anyag és módszer

A mintaterület kiválasztásánál fontos szempont volt a sokszínű felszínborítás, ezért is esett a választás a Tisza-tóra és környékére, ahol megtalálható a nyílt víztükrű, tó és folyó formájában egyaránt, emellett a vízkedvelő vegetációk közül is számos faj képviselteti magát, továbbá a folyót mindkét oldalról ligeterdők szegélyezik (ARADI, 2007; OLÁH-TÓTH, 2008).

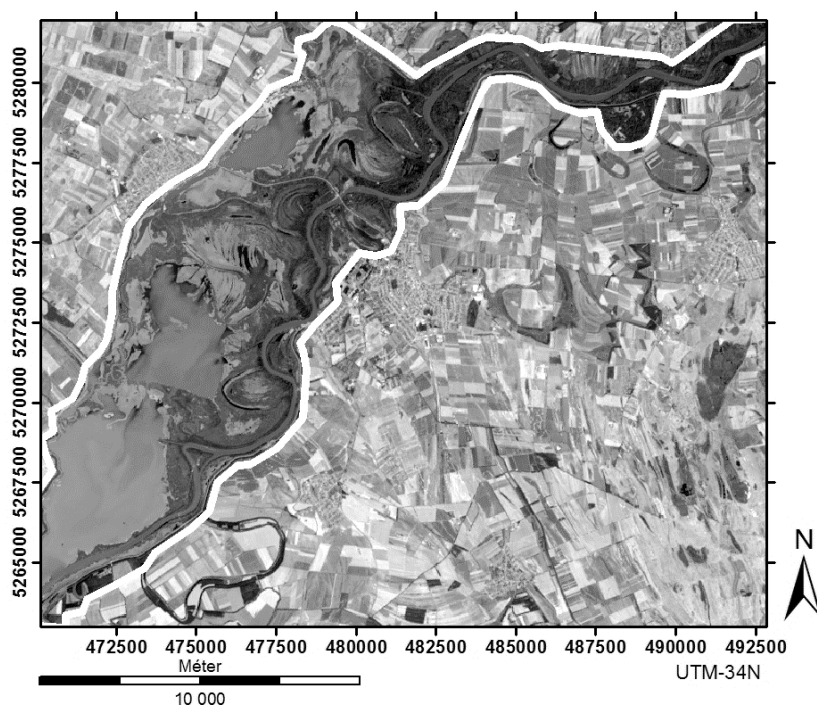
1. táblázat A felhasznált felvételek és készítési idejük

Műhold	Szenzor	Felvétel időpontja
Landsat 7	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	2002. 09. 04.
Landsat 5	Thematic Mapper (TM)	2005. 08. 10.
EO-1	Advanced Land Imager (ALI)	2005. 09. 08.
Landsat 5	Thematic Mapper (TM)	2009. 09. 22.
Landsat 8	Operational Land Imager (OLI)	2013. 08. 16.

A vizsgálathoz négy különböző műhold (Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, EO-1) szenzorának öt felvételét használtuk fel, melyek készítési idejét az 1. táblázat tartalmazza. A 2005-ös évből két felvételt is vizsgáltunk, az ALI felvételét referenciaként használva. A szenzorok egységesen 30 méteres geometriai felbontással rendelkeztek, és a spektrális csatornakiosztásuk is közel azonos volt, így alkalmasnak bizonyultak a vizsgálathoz (IRONSA ET AL. 2012).

A vizsgált felvételeken szegmentáción alapuló ellenőrzött osztálybasorolást végeztünk Maximum Likelihood módszerrel az Idrisi Selva szoftverben; öt felszínborítási kategóriát különítettünk el: a nyílt vízfelszínt, a vízi növényzetet, az erdőt, a gyept, valamint a szántóterületet.

A változásvizsgálatot az 1. ábrán fehér sávval lehatárolt területre végeztük el, mivel az előzetes tematikai pontosságvizsgálatokból látható volt, hogy a



1. ábra A változásvizsgálathoz lehatárolt mintaterület a Landsat 8 kompozitja alapján



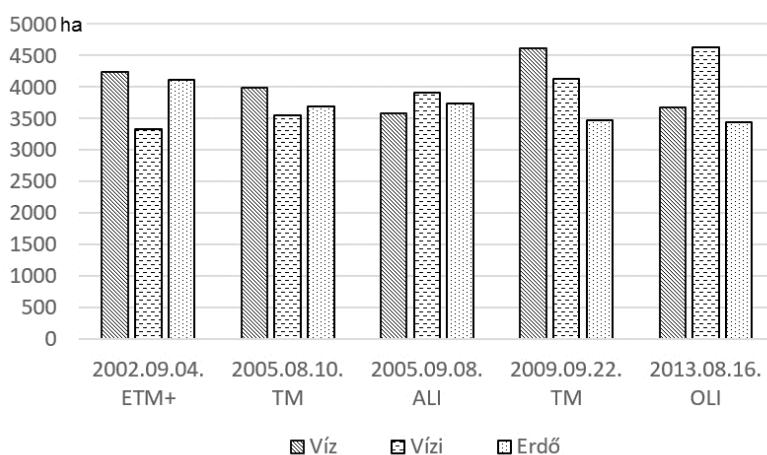
gyep-, valamint szántóterületek pontatlan osztályozása miatt ezekre a területekre szignifikáns eredményeket nem lehetne felmutatni. Ezáltal az új mintaterületen kívül eső félreosztályozási problémák is elkerülhetők.

A változásvizsgálat során tehát három felszínborítási kategóriát vettünk figyelembe, ezek a nyílt vízfelszínek, vízkedvelő vegetációk, valamint erdők. Ezen kategóriák területi kiterjedését hasonlítottuk össze az egyes évek felvételein (WOODCOCK ET AL. 2001).

## Eredmények

Az egyes évekre elkészítettük a tematikus felszínborítás térképeinket (3–6. ábra), melyek alapján kiszámítottuk a felszínborítási kategóriákhoz tartozó területek nagyságát hektárban (2. ábra). Az összes felvételt tekintve a vizek osztályozása egyenletesen megbízható pontosságot mutatott, így ennek az értékei lehetnek a legpontosabbak a diagramon, azonban egyértelmű csökkenő vagy növekvő tendenciát mégsem tudunk kimutatni az évek során. A nyílt vízfelszínek kiterjedése ugyanis sok tényezőtől függ. Esetünkben elsősorban az úszó vízi növényzet kiterjedésétől, másodsorban a tómederben lévő víz mennyiségétől is, amit a csapadékviszonyok mellett a tó vízszintje is befolyásol (a sulyom 2 m-es vízmélység fölött elpusztul), továbbá sokszor a szél is képes átrendezni a vízen úszó növényzetet. A tavak mesterséges kotrása, karbantartása szintén befolyásolhatja felszínborítási kategóriák kiterjedésének arányát.

A vízi vegetáció esetében más a helyzet. Az időszakos tendencia mindenképpen növekedést mutat. Ha a két 2005-ös időpontot nézzük a vizek kiterjedése, és a vízi vegetáció kiterjedésében fordított arányosság fedezhető fel, azaz amennyivel



2. ábra Az egyes felszínborítási kategóriák összterülete hektárban megadva az egyes években, a leszűkített mintaterületen



csökkent a vízfelületek aránya, körülbelül annyival nőtt a vízi vegetáció aránya, de bármelyik időpontot is vesszük figyelembe, az beillik az évek közötti trendbe, azaz a területen a vízi vegetáció kiterjedésének fokozatos növekedése figyelhető meg, ami a számszerű eredményeket tekintve 2002 és 2013 között mintegy 1300 hektáros növekedést jelent. Ez a megnövekedett mennyiség, a nagyobb pusztuló növénytömeg miatt, megfelelő intézkedések hiányában hozzájárulhat a tavak feltöltődéséhez.

Az erdők kiterjedésében összességében csökkenő tendencia figyelhető meg. A 2005-ös állapotok között nincs releváns különbség, ami az erdők tekintetében nem is meglepő egyhónapos távlatban. Ez az egyezés az osztályozási pontosságot is alátámasztja. Az erdőborítottság a területen tehát, ha kis mértékben is, de csökken. Egy évtized alatt ez a csökkenés több, mint 600 hektáros erdővesztéséget eredményezett.

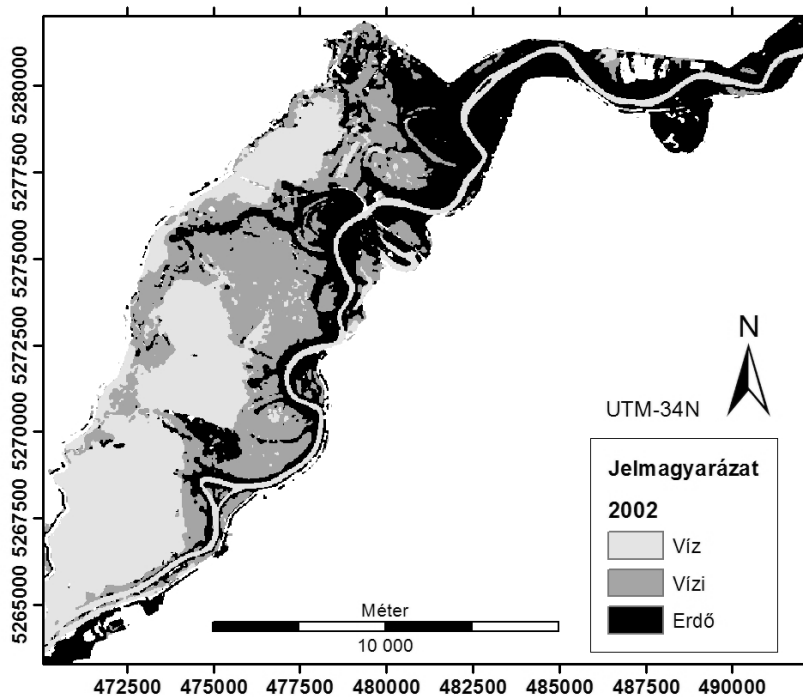
## **Konklúzió**

A teljes időszakra vetített változás tizenegy évet ölel fel, ezt négy egyenletesen elosztott időpontban készült műholdfelvétellel vizsgáltuk. Egy ötödik felvételt referenciaként alkalmaztunk. A változást csak a tavak, valamint a folyó árterére vizsgáltuk, ezen belül is a vizekre, vízi vegetációra, valamint az erdőkre.

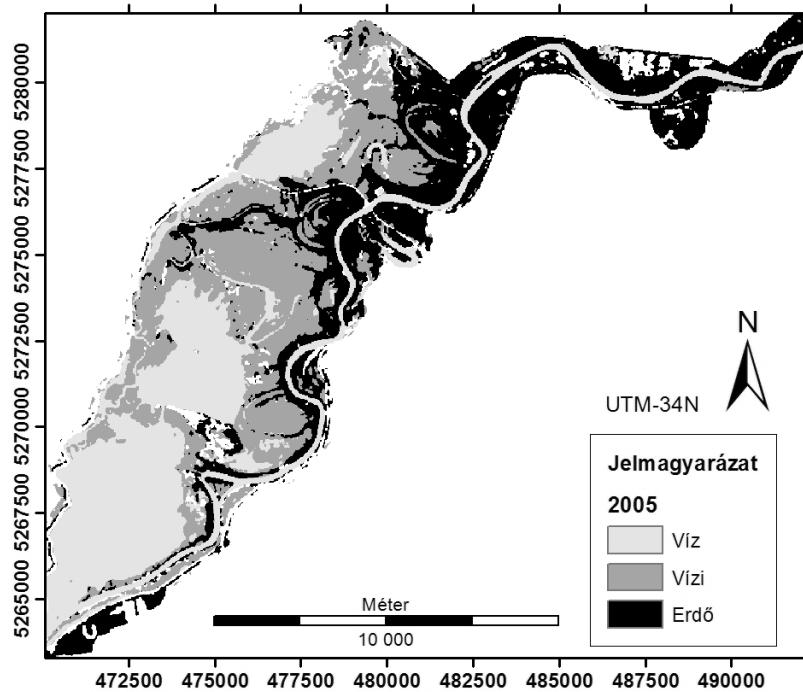
A nyílt vízfelületek változása az évek során nem mutat tendenciát, mivel azt több tényező is befolyásolja, egyrészt az úszó vízi növényzet kiterjedése, másrészt a mederben lévő víz mennyisége, és a vízszint. E két tényező össze is függ egymással, hiszen egy bizonyos vízmélység fölött egyes vízinövények elpusztulnak, mint például a sulyom. Így ha víz kerül a tavakba, akkor egy ideig nő a nyílt vízfelszín, amit viszont hamar benő a növényzet, de ha tovább emelkedik a vízszint, akkor a növényzet pusztulása következtében újra a nyílt vízfelszín aránya fog növekedni. Harmadrészt a mesterséges beavatkozások is hatnak nem csak a vízfelületek kiterjedésére, hanem a vegetáció kiterjedésére is.

A vízi vegetáció kiterjedésében folyamatos, növekvő tendencia figyelhető meg, ami több veszéllyel is fenyeget, egyrészt a tavak feltöltődését okozhatja a nagyobb mennyiségű elpusztuló biotömeg, ebből következik a tavak eutrofizációja is, amely így pozitív visszacsatolást indíthat el a vízi vegetáció kiterjedésének növekedésében. Az ártéri erdők kiterjedésében pedig kismértékű csökkenő tendencia figyelhető meg a területen.

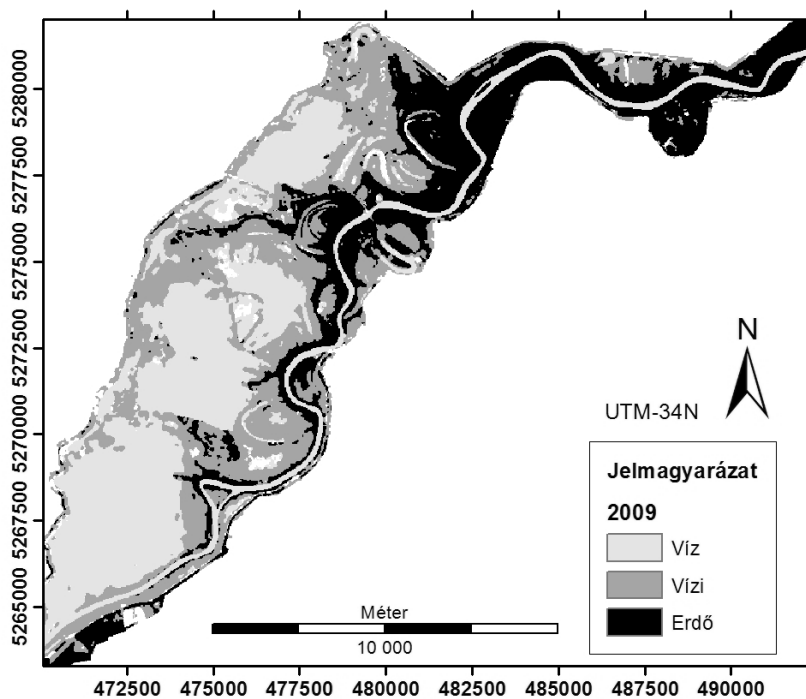
A referenciaként használt 2005-ös ALI felvétel kimutatta, hogy ugyanazon évben kis időeltolódással készült felvételen az erdők kiterjedése közel azonos, így az osztályozási pontosság és a szenzorok tematikai pontossága is igazolható.



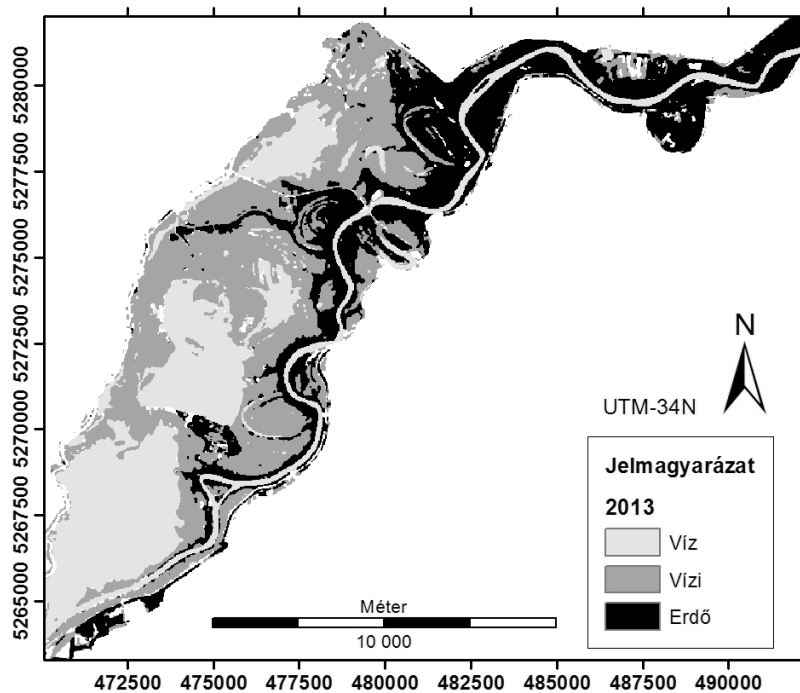
3. ábra A 2002-es állapot az ETM+ felvétele alapján



4. ábra A 2005-ös állapot a TM felvétele alapján



5. ábra A 2009-es állapot a TM felvétele alapján



6. ábra A 2013-mas állapot az OLI felvétele alapján

## Felhasznált irodalom

- ARADI CS. (2007): Tisza-tó (Tiszafüredi madárrezervátum, a Tisza-tó középső része). In Tardy, J. (szerk): Hazánk Ramsari területei. A magyarországi vadvizek világa. pp. 284–295. – in Hungarian
- BALÁZS B.–LÓKI J. (2014): Vizes területek kimutatása a műholdfelvételek alapján a Rétközben. In: Gál A–Kókai S (szerk.) Tiszteletkötet Dr. Frisnyák Sándor geográfus professzor 80. születésnapjára. Nyíregyháza; Szerencs: Nyíregyházi Főiskola Turizmus és Földrajztudományi Intézete - Szerencsi Bocskai István Gimnázium. pp. 235–245.
- BURAI P.–DEÁK B.–VALKÓ O.–TOMOR T. (2015): Classification of herbaceous vegetation using airborne hyperspectral imagery. Remote Sensing 7: pp. 2046–2066.
- HENITS L.–JÜRGENS C.–MUCSI L. (2016): Seasonal multitemporal land-cover classification and change detection analysis of Bochum, Germany, using multitemporal Landsat TM data International Journal Of Remote Sensing In press: Paper 10.1080/01431161.2015.1125558. 16 p.
- IRONSA, J. R.–DWYERB, J. L. –BARSIC, J. A. (2012): The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. Remote Sensing of Environment Volume 122, pp. 11–21.
- KOHÁN B.–TIMÁR G.–DEÁK M. (2014): A review of the SRTM digital elevation model and its application in GPS technology. Tradecraft Review Periodical of the Scientific Board Of Military Security Office 1, pp. 26-37.
- VAN LEEUWEN B.–MEZŐSI G.–TOBAK Z.–SZATMÁRI J.–BARTA K. (2012): Identification of inland excess water floodings using an artificial neural network. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 7, pp. 173-180.
- KRISTÓF D.–BELÉNYESI M. (2011): Monitoring távérzékeléssel. Egyetemi jegyzet, Szent István Egyetem MKK, Gödöllő, pp. 8–53.
- LÓKI J. (1996): Távérzékelés. Egyetemi jegyzet, KLTE TTK, Debrecen, 11 p.
- OLÁH M.–TÓTH Cs. (2008): A Tisza-tó természetrajza In: (szerk.: Michalkó G.–Dávid L.) A Tisza-tó turizmusa. Budapest. pp. 18-30.– in Hungarian
- SZABÓ G.–MECSER N.–KARIKA A. (2013): Assessing data quality of remotely-sensed DEMs in a Hungarian sample area. Acta Geographica Debrecina Landscape And Environment 7:(2), pp. 42–47.
- WOODCOCK, C. E.–MACOMBER, S. A.–PAX-LENNEY, M. –COHEN, W. B. (2001): Monitoring large areas for forest change using Landsat: Generalization across space, time and Landsat sensors. USDA Forest Service / UNL Faculty Publications. Paper 171.



# **Előzetes eredmények a hullámtéri formaelemek LiDAR alapú meghatározásáról**

Szabó Zsuzsanna<sup>1</sup> –Szabó Szilárd<sup>2</sup> –Tomor Tamás<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.zsuzsanna@science.unideb.hu

<sup>2</sup> egyetemi docens, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.szilard@science.unideb.hu

<sup>3</sup> főiskolai docens, Károly Róbert Főiskola, Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet,  
tomor@karolyrobert.hu

Hazánkban, az ország medencejellegének is köszönhetően, a hullámterek nagy jelentőséggel bírnak, nemcsak gazdasági és árvízvédelmi szempontból, hanem a természeti és geomorfológiai értékeik miatt is. Jelen munka alapvető információkat nyújt arról, hogyan használható a LiDAR adatokból generált domborzatmodell a hullámtéri formaelemek kinyerése céljából.

A mintaterületnek választott hullámtér Rakamaz közigazgatási határán belül található, melyről rendelkezésünkre álltak a távérzékelte adatok (pontsűrűség: 4 pont/m<sup>2</sup>; pontosság:  $\pm 15$  cm). A Tokaji-kapu alatt található hullámtér nagy kiterjedésű - szélessége az egyes szakaszokon a 4 km-t is meghaladja, így a lehetőség adott a hullámtéri formák kialakulására. A terület viszonylagos érintetlensége miatt mindmáig nagyszámban megtalálhatóak a fluviális formakincsek: sarlólapos, övzátony, lefolyástalan ártéri lapos, tagolatlan ártéri síkság, folyóhát és a fok.

A vizsgálat alapját a SH/2/6 program keretében készült, osztályozott pontfelhő szolgáltatta. Vizsgálatainkat ArcGIS szoftverkörnyezetben végeztük. A pontfelhő vizuális elemzése azt mutatta, hogy a mintaterületen megfelelő mennyiségű a visszaverődés, néhány esetben viszont adathiányt és pontsűrűség csökkenést okoz a víz miatti energiaabszorpció, valamint a fákkal borított térszínek sűrű lombkoronája. Az ellenőrzött pontfelhő talajpontjaiból lebegőpontos TIF formátumú raszter DTM-et interpoláltunk, majd lejtőkategória térképet készítettünk. Ezek vizuális elemzésével jól azonosíthatóvá váltak a mintaterületen előforduló hullámtéri formaelemek, melyeket így manuálisan vektorizáltunk. A DTM segítségével kontúrtérképet is generáltunk, hogy a formák szoftveres kinyerése végett, ez azonban nem járt sikerrel, elsősorban a korábban említett adathiányos és kis pontsűrűségű területek miatt, amelyek megszakítják a kontúr futásvonalát.

***A munkát a TÁMOP-4.2.2.D-15/1/KONV-2015-0010 és a Debreceni Egyetem (RH/751/2015) támogatta.***





# Talajtulajdonságok térbeli eloszlásának vizsgálata determinisztikus és sztochasztikus módszerek segítségével

Szalóki Annamária<sup>1</sup> – Szabó Szilárd<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DE TTK Természetföldrajzi- és Geoinformatikai Tanszék; e-mail: szaloki.annamaria@gmail.com

<sup>2</sup> DE TTK Természetföldrajzi- és Geoinformatikai Tanszék; e-mail: szabo.szilard@science.unideb.hu

**Abstract:** Modern geostatistics is a developing branch of applied statistics with different methods and models for the analysis, processing, and representation of spatially distributed data. This methods makes it possible to improve the reliability and quality of decisions based on spatially distributed data. It is used to model the spatial dependence of regionalized variables or spatial variability of soil-properties, to interpret spatial patterns and predict values of the attributes at unsampled locations.

## Bevezetés

A modern geostatisztika az alkalmazott statisztika egyik leggyorsabban fejlődő ága, mely számos lehetőséget kínál a térbeli adatok elemzéséhez, feldolgozásához és megjelenítéséhez. E módszer lehetővé teszi, hogy javítsuk döntéseink minőségét és megbízhatóságát a térbeli adatok elemzése során (MESHALKINA, 2007). A módszer lényege, hogy olyan modellt alkalmaz, amely segít meghatározni az egyes változók értékeit olyan területeken is, ahol nem történt mintavételezés. A talajtulajdonságok térbeli változékonyságának vizsgálatánál ez azt jelenti, hogy az egyes mintavételi pontban mért talajtulajdonság hatással van a szomszédos adatpontra. Más szóval a minta adatpont értékei nem függetlenek egymástól, távolság függvényében korrelálnak (BHATTI, 2002).

Az adatpontok értékeinek meghatározására számos eljárás ismert, az interpolációk tekintetében vannak az úgynevezett determinisztikus illetve sztochasztikus eljárások. Determinisztikus egy interpoláció, ha egyértelműen meghatározott matematikai függvények felhasználásával számítja ki a nem ismert pontokban az értékeket (IDW, Radial Basis). Sztochasztikus egy módszer, ha az adatpontok statisztikai elemzését is figyelembe véve határozza meg az egyes értékek kiszámításához használt függvényeket pl. krigelés (TELBISZ ET AL. 2013).

Könnyű a dolgunk, ha az új értékeket egy olyan adathalmazból kell interpolálnunk, ahol elég tudomásunk van a természeti folyamatról vagy jelenségről ahhoz, hogy tulajdonságát matematikai funkciókkal le tudjuk írni. Ezt jelentené a tényleges determinisztikus interpoláció. Sajnos kevés földrajzi jelenséget ismerünk elegendő részletességgel, hogy az lehetővé tegye a tényleges determinisztikus interpolációt. A sztochasztikus interpoláció nemcsak determinisztikus, hanem statisztikai függvényeket is felhasznál a becslés folyamán. Ezek a módszerek az első lépésben a támpontok közötti statisztikai kapcsolatokat határozzák meg, és ezeket

használják a számításokban. A sztochasztikus módszerek előnye, hogy az interpoláció megbízhatóságára is becslést szolgáltatnak (MÁRKUS, 2010).

Széles körben használt eljárás az általános krigelés, melyet a legjobb lineáris torzítatlan becslésként is jellemeznek. Azonban a simító hatás eredményeképpen kevésbé írja le jól a területre jellemző variabilitást. A simító hatás egyes értékeket alul, míg másokat túlbecsül. Így szinte mindegyik interpolációs technikánál számolnunk kell a becslési hibával és a bizonytalansággal, mely magában hordozza azt a kockázatot, hogy olyan területekre is ráhúzzuk pl. a toxikus jelzőt, ahol valójában nem is az (GOOVAERTS, 1997). Emellett a sztochasztikus módszerek megfelelő alkalmazásához el kell mélyednünk a variogramok értelmezésben. A geostatistika azt az alapvető gondolatot foglalja magába, melyben térbeli kapcsolatot keres a megfigyelt valamint a becsült folyamatok között leggyakrabban félvariogramok segítségével. Ahhoz, hogy megbízható legyen a becslés legalább 50–100 mintapontra van szükség és alapos háttértudást igényel a megfelelő modell beállítása, amely befolyásolja a krigelés pontosságát. A variogram érzékeny a kiugró extrém minta értékekre, melynek eredményeképpen kevésbé határozható meg a hatástávolság és alkalmazható jól a módszer. Ha a vizsgált paraméterrel egy gyenge stacionáriusú sztochasztikus folyamatot vizsgálunk, akkor a tapasztalati félvariogram egy kezdeti emelkedő szakasz után egy vízszintes egyenes körül fog ingadozni. Amennyiben a félvariogram a teljes értelmezési tartományán monoton növekvő, akkor trendhatásra gyanakodhatunk. A trend léte mind a gyenge stacionaritásnak, mind a belső hipotézisnek ellentmond. Emiatt előbb a mért értékekből el kell távolítani a trendet, és a trendtől való eltérésekre kell félvariogramot számítani. Elméletileg minden paraméterre felállítható többféle szerkezet, ezek azonban gyakran szinte átmenet nélkül olvadnak egymásba és ezért nyomozásuk meglehetősen nehézkes. Bonyolítja a helyzetet, hogy a krigelést megelőző trendleválasztás összemossa a szerkezeteket és így esetenként csak a legnagyobb méretű nyomozható. (FÜST, 1997).

A szimulációs módszerek, mint pl. a szekvenciális Gaussi szimuláció megoldást jelenthetnek a krigelés használata során kialakult problémákra, képes leküzdeni a bizonytalanságot és a simító hatást, mivel számos egyenlő valószínűségű realizációt kínál a talajtulajdonságok eloszlásának megjelenítésére (GOOVAERTS, 2001). A sztochasztikus szimuláció az a folyamat, amelyben felépítjük a  $z(u)$  térbeli eloszlásának alternatív, de egyenlően valószínű, nagy felbontású modelljeit. Az egyes realizációkat sztochasztikus képeknek nevezzük. Az alternatív modellek vagy realizációk közötti különbség az együttes térbeli bizonytalanság mérésének lehetőségét kínálja. A Gaussi típusú szimulációk a realizációkban, az input adatok kovariancia modelljét adják vissza. A realizációk sorozatának várható értéke az a legjellemzőbb térbeli eloszlás lesz, amely a kisléptékű heterogenitást leginkább megjeleníti. A helyi adatok és feltételes statisztikák adott halmazára nézve a krigelést olyan interpolációs algoritmusként használják, amely által adott egyszerű numerikus modellt bizonyos lokális pontosság értelmében a legjobb. Ugyanakkor a szimuláció sok alternatív modellt kínál, amelyek mindegyike bizonyos globális értelemben a

valóság „legjobb” megjelenítése (MUCSI, 2005).

A vizsgálataim során összehasonlítottam a determinisztikus és sztochasztikus eljárásokat, hogy melyek alkalmazhatóak a legjobban a talajok mikro-heterogenitásának megjelenítéséhez, ezen belül is a réz, mint esszenciális mikroelem eloszlásának ábrázolásához.

## **Anyag és módszer**

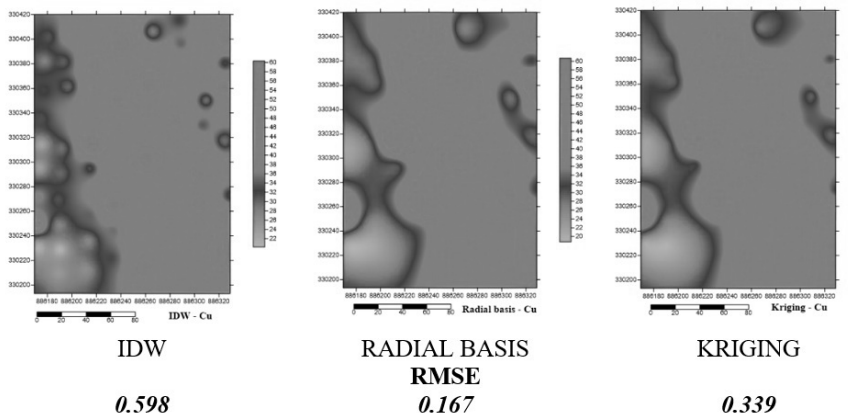
Vizsgálataimat elsősorban mezőgazdasági hasznosítás alatt álló területeken végzem, ahol főként az alapvető talajtulajdonságokra valamint az mikro-makroelem tartalomra és a nehézfém-tartalom vizsgálatára helyezem a hangsúlyt. Az elemzéseket egy kiválasztott talajtulajdonságon keresztül mutatom be. A területről 80 felszíni talajminta került begyűjtésre, a mintavételi stratégia közelíti a szabályos rácshálót. A determinisztikus módszerek vizsgálatához a Surfer 11-es szoftvert, a krigelést, a variogram illesztést és a szimulációt az SGeMs 2.1 szoftver segítségével végeztem.

## **Eredmények**

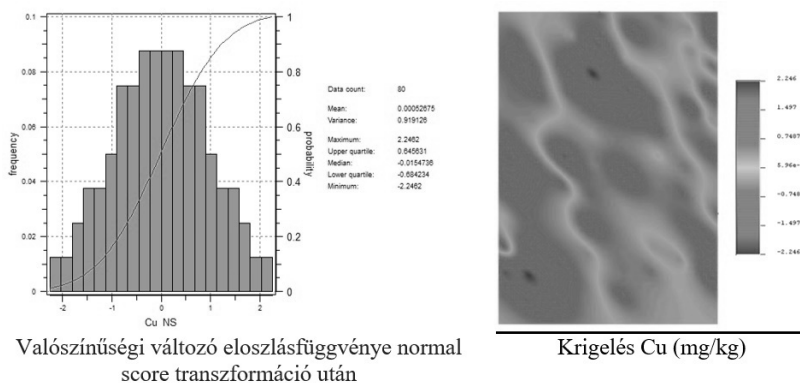
A Surfer több interpolációs technikát kínál fel, azonban ezek közül csak kettőt emeltem ki a determinisztikus interpolációk közül. Ezek általában egyszerű automatizált eljárások, melyeket könnyű használni. Az interpolációs eljárások becslési hibáit a Root Mean Squared Error (RMSE) értékével hasonlítottam össze (1. ábra), amely esetünkben mg/kg-ban adja meg a becsült térképek mért értékekhez viszonyított átlagos hibáját. Az első, melyet a mezőgazdasági gyakorlatban is gyakran alkalmaznak az IDW (Inverse Distance Weighting) módszere, mely pontszerű méréseken alapul, ahol súlyokat rendelünk az egyes értékekhez, mely esetében a kiszámítandó ponttól való távolsággal fordítottan arányos a súlytényező értéke, így az minél messzebb van a vizsgált helytől, annál kevésbé számít az értéke. A vizsgálatunk során láthatjuk, hogy az RMSE érték ugyan nem magas, viszont a mért értékeknél kiugró csúcsok jelentkeznek, ún. ökörszem effektus figyelhető meg, emiatt nem ad kellően reprezentatív eredményt, így ez az eljárás nem alkalmazható megfelelően a mikro-heterogenitás feltárásához.

A Radial Basis Functions a következő determinisztikus módszer, melynek lényege, hogy egy adott középponttól mért távolság határozza meg az értékeket. Ezzel az eljárással becsült réz értékek esetében kaptuk a legalacsonyabb RMSE értéket. Bonyolult matematikai módszereket használ, azonban automatizált eljárás révén nem igényel háttértudást, nem kell különböző paramétereket beállítani. Helyenként a mért értékeket kissé alul vagy túlbecsüli, hasonló eredményt ad, mint a krigelés. A determinisztikus eljárások közül ezt emelném ki az egyik legjobbnak.

A sztochasztikus eljárások közül a krigelést (2. ábra) is elvégeztem a Surfer segítségével. Ahol nem a mikro-heterogenitás feltárása volt a cél, az automatizált beállításokat megtarthatjuk, azonban több küszöbszintű variogram értelmezése



1. ábra Determinisztikus és sztochasztikus interpolációk RMSE értékeinek összehasonlítása

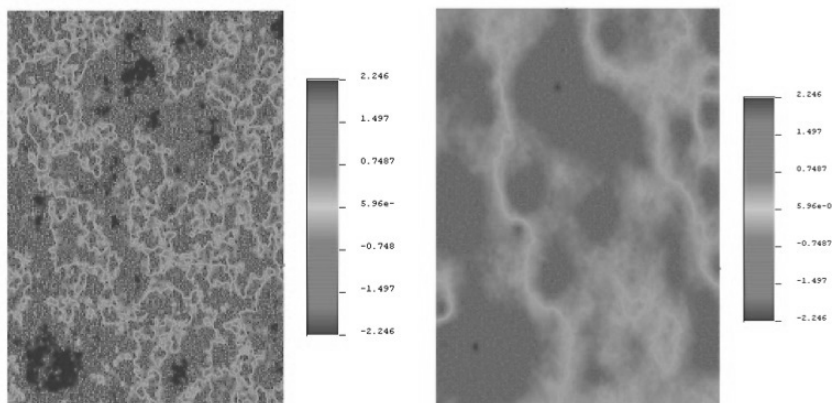


2. ábra Krigelés

nehézség. A trend eltávolítására ugyan van lehetőség, de behatóbban nem tudjuk vizsgálni az adatsorra jellemző variogramot, ezért célszerűbb valamilyen geostatistikai szoftverrel folytatni a vizsgálatainkat.

Erre ad lehetőséget az SGeMS, melynek segítségével részletesebb vizsgálatokat tudunk elvégezni. Az adatok általános statisztikai kiértékelését követően kiderült, hogy az adatunk nem követi a normál eloszlást, így normal score transzformációt végeztem, majd ezt követően vizsgáltam az adatsorra jellemző variogramot. A tapasztalati félvariogramokat több irányban is megvizsgáltam, majd arra illeszttem a modellt, amely trendhatástól mentes volt és folytattam tovább az elemzéseket.

A krigelés elvégzését követően szekvenciális gaussi szimulációs sztochasztikus modellezést végeztem, ahol 100 db azonos valószínűségű realizációt állítottam elő. A modell előállításához GEIGER (2006) kutatásait vettem alapul, ahol szintén 100 realizációból számolt felszint hozott létre. Ez a módszer minden egyes gridpontra száz értéket számol, amely már kellően sok ahhoz, hogy a terület feletti gyakorisági eloszlást megadjuk.



A vizsgált tulajdonság egy realizációja

Várható érték típusú becslés

3. ábra Realizáció és várható érték típusú becslés térkép

Ezek segítségével, sokkal részletgazdagabb felszín kapunk. Emellett a várható érték típusú becslések a vizsgált tulajdonság legvalószínűbb térbeli eloszlását mutatják (3. ábra). Az eredmények kiértékelése folyamatos, a várható érték becslése mellett a kvartilisek vizsgálatára is szeretnék hangsúlyt fektetni. Arra a kérdésre, hogy mennyi ezeknek a realizációknak a valószínűsége a választ szintén GEIGER ET AL. (2005) írja le, mely szerint az alkalmazott eljárás csak azt biztosítja, hogy minden gridpontra adott becslés után a pont körüli végtelen kicsiny sugarú környezetre felírt normál eloszlásból a várható érték körüli fél-szórás sugarú környezetből történik a gridponti érték véletlenszerű kiválasztása. Ez legalább 0,66-os valószínűséget jelent. Ennél pontosabban nem lehet e kérdésre válaszolni. Azonban az, hogy a módszer számos realizációt kínál, segítségünkre lehet abban, hogy feltárjuk a bizonytalanságot és a lehető legjobb becslést adjuk a talajtulajdonság térbeli megjelenítéséhez.

## Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a determinisztikus eljárások segítségével is előállítható kellően reprezentatív térkép, ahol nem a mikro-heterogenitás feltárására helyezzük a hangsúlyt. Az IDW technika legnagyobb problémája az ökörszem effektus. A Radial Basis megbízhatóbb eredményt nyújt, eredménye hasonló a krigeléshez, azonban képes túlbecsülni illetve alulbecsülni is az értékeket. Előnye, hogy alkalmazása nem igényel olyan mögöttes háttértudást, mint a krigelés. A Surfer segítségével végzett krigelés során lineáris variogram illesztést használ, ami nem ad megfelelő értelmezést az adatainkra. Ezért indultam el a sztochasztikus szimuláció irányába, mely több realizációt kínál fel a térbeli bizonytalanság becslésére. Az adataimat tekintve, azonban számos esetben magas a röghatás emellett szinte minden tulajdonság anizotrópnak bizonyult, ezért nehézkes megfelelő hatástávolságot megállapítani és megfelelő modellt illeszteni a variogramokra. A

kiugró értékek vizsgálata kiemelt jelentőségű, mivel ezek nagyban befolyásolják a modellezés pontosságát. Ott, ahol valamilyen összefüggés látszik a kiugró értékek elhelyezkedésében indikátor krigelést, valamint szekvenciális indikátor szimulációt szeretnék a későbbiekben alkalmazni a kellően hű ábrázolás elérése céljából.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatta a Debreceni Egyetem (RH/751/2015).

## Felhasznált irodalom

- BHATTI A. (2002): Geostatistical techniques and applications for managing degraded soil for sustainable production. Quarterly SCIENCE VISION Vol.8.
- FÜST A. (1997): Geostatistika. 498 p. Budapest.
- GEIGER J. (2006): Szekvenciális gaussi szimuláció az övzátonytestek kisléptékű heterogenitásának modellezésében. Földtani Közlöny 136/4, 527–546. Budapest
- GEIGER J. –MUCSI L. (2005): A szekvenciális sztochasztikus szimuláció előnyei a kisléptékű heterogenitásának leképezésében. Hidrológiai Közlöny 85:(2) pp. 37–47.
- GOOVAERTS, P. (1997): Geostatistics for Natural Resource Evaluation. Oxford University Press, New York.
- GOOVAERTS P. (2001): Geostatistical modelling of uncertainty in soil science. Geoderma 103., pp. 3–26.
- GOOVAERTS P.–R. WEBSTER–J.-P. DUBOIS (1997): Assessing the risk of soil contamination in the Swiss Jura using indicator geostatistics. Environmental and Ecological Statistics, vol. 4, no. 1, pp. 31–48.
- HERCZEG Á. (2010): Felület illesztési módszerek megbízhatósági kérdései. Acta Agraria Kaposváriensis, Kaposvár, pp. 89–99.
- MÁRKUS B. (2010): Térinformatika 11. Interpoláció és domborzatmodellezés. Székesfehérvár. pp. 1–38.
- MESHALKINA YU. L. (2007): A Brief Review of Geostatistical Methods Applied in Modern Soil Science. Moscow University Soil Science Bulletin, 2007, Vol. 62, No. 2, pp. 93–95.
- MUCSI L. (2005): Geoinformatika a kockázatelemzésben, Habilitációs dolgozat, Szeged, TTK pp. 1–74.
- OLIVER, M.A.–WEBSTER, R. (1986): Combining Nested and Linear Sampling for Determining the Scale and Form of Spatial Variation of Regionalized Variables, Geogr. Anal., no. 18.
- TELBISZ T.–SZÉKELY B.–TIMÁR G. (2013): Digitális Terepmodellek. Adat, látvány, elemzés. Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest. pp. 1–80.



# Célspecifikus digitális talaj térképek a hátrányos természeti adottságokkal rendelkező területek lehatárolásához

Takács Katalin<sup>1</sup> – Laborczi Annamária<sup>2</sup> – Szatmári Gábor<sup>3</sup> –  
Bakacsi Zsófia<sup>4</sup> – Szabó József<sup>5</sup> – Tóth Tibor<sup>6</sup> – Pásztor László<sup>7</sup>

<sup>1</sup> tudományos segédmunkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, takacs.katalin@rissac.hu

<sup>2</sup> tudományos segédmunkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, laborczi@rissac.hu

<sup>3</sup> tudományos segédmunkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, szatmari@rissac.hu

<sup>4</sup> tudományos főmunkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, zsofi@rissac.hu

<sup>5</sup> tudományos főmunkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, james@rissac.hu

<sup>6</sup> tudományos tanácsadó, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, tabor@rissac.hu

<sup>7</sup> tudományos főmunkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, pasztor@rissac.hu

**Abstract:** In Hungary a significant amount of soil data is available in different databases or soil information systems, however there are frequent discrepancies between the available and the expected soil information. The tasks of spatial planning – like delineation of Areas with Natural Constraints – increasingly demand unusual or more complex information about soils, which cannot be fully satisfied by formerly elaborated spatial soil information systems. The soil data of the previous surveys should be reinterpreted and reprocessed to meet the demands of regional planning activities. Digital soil mapping (DSM) integrates geostatistical, data mining and GIS tools. Applying DSM methods enable the elaboration of target-specific soil maps with improved and specific thematic, spatial and temporal accuracy as opposed to former, more general soil maps.

## Bevezetés

Az országos szintű területi tervezés megfelelő részletességű és aktuális térbeli ismereteket igényel a talajtakaróról. Számos adatbázis és talajinformációs rendszer készült Magyarországon, de az ezek alapján készült talaj térképek nem tudják maradéktalanul kielégíteni a területi tervezés jelenlegi kívánalmait. Az információigény sok esetben nem egy konkrét elsődleges vagy másodlagos talajtulajdonságra vonatkozik, hanem összetett vagy levezetett talajtulajdonságot, funkciót, folyamatot, szolgáltatást érint a kérdés. Az elérhető és elvárt talajinformációk közötti diszkrepancia a rendelkezésre álló talajinformációk újraértelmezésével és a talajadatbázisok integrációjával, illetve a digitális talaj térképezés módszereinek alkalmazásával oldható fel.

Az Európai Unió (EU) szabályozásnak megfelelően Magyarországon is el kellett végezni a hátrányos természeti adottságokkal rendelkező területek kijelölését. A lehatároláshoz egy olyan EU-szinten közös, objektív és tudományos alapokon nyugvó kritériumrendszert dolgoztak ki, amely a gazdálkodást gátló éghajlati, talajtani és domborzati faktorokat mérhető paraméterekkel jellemzi (VAN ORSHOVEN, J. ET AL. 2014).

Jelen tanulmányban három példát szeretnénk bemutatni arra, hogy a



hátrányos természeti adottságokkal rendelkező területek lehatárolásának talajtani kritériumtérképeit hogyan állítottuk elő a rendelkezésre álló talajinformációk alapján.

## **Anyag és módszer**

### ***Talajadatok***

A nagymúltú talajfelvételezésnek és talajtérképezésnek köszönhetően nagy mennyiségű talajinformáció áll rendelkezésre Magyarországon (VÁRALLYAY Gy. 2012). A Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR) a legrészletesebb, országos szintű felvételezés eredményeit tartalmazza, kétféle adatstruktúrába besorolva. A talajfolt adatbázis a gyökerezési zóna fizikai és kémiai tulajdonságainak robosztus osztályozása alapján lehatárolt térképi egységekből áll. A talajszelvény adatbázis pedig a szelvények rétegenkénti fizikai és kémiai tulajdonságainak mérési adatait tartalmazza (PÁSZTOR L. ET AL. 2010). A Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM) aktuális felvételezésen alapuló információkat tartalmaz az adott talajszelvény rétegeire vonatkozóan a fizikai és kémiai tulajdonságokról országosan (VÁRALLYAY, Gy. 2002). A Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA) a hazai talajfizikai laboratóriumokban mért talajfizikai és vízgazdálkodási mérési eredmények (és a hozzájuk kapcsolódó talajtani alapadatok), illetve néhány korábbi talajadatbázis egységes rendszerbe szervezett gyűjteménye (MAKÓ A. ET AL. 2010).

### ***Homoktartalom***

A homoktartalomra vonatkozó kritérium akkor teljesül, ha a szelvény felső 100 cm-es rétegének legalább a fele homok, vagy homokos vályog textúrájú a FAO (Food and Agriculture Organization) textúra háromszög alapján (FAO 2006, VAN ORSHOVEN, J. ET AL. 2014). Ennek értékeléséhez a TIM adatbázis szemcseméretre vonatkozó mérési eredményeit használtuk fel. Azonban a FAO textúra háromszög és a TIM szemcseméret kategóriáinak határa eltérő. Ezért a TIM adatokat log lineáris interpoláció (NEMES A. ET AL. 1999) segítségével átkonvertáltuk a FAO textúra háromszögnek megfelelő szemcseméret kategóriákba. A kritérium teljesülését rétegenként ellenőriztük, majd az eredményeket összegeztük a felső 100 cm-re vonatkozóan.

### ***Vertic tulajdonság***

A vertic tulajdonság ék alakú talaj aggregátumok, csúszási tükör és duzzadási-összehúzódási törések formájában jelenik meg, mely leginkább a magas agyagtartalmú talajokra jellemző. A vertic tulajdonság előfordulása közvetlenül nem mérhető, csak a terepen észlelhető, ezért ez esetben csak a DKTIR adatbázis szelvényleírásaira támaszkodhattunk. A kritérium a talaj felső 100 cm-es rétegében való előfordulásra vonatkozik. A vertic tulajdonság térképezéséhez létrehoztunk egy bináris paramétert,

amely a vertic tulajdonságra vonatkozó jegyek előfordulásakor 1-es értéket vesz fel, míg minden egyéb esetben 0-t. Az eredmény – az alkalmazott interpolációs módszernek köszönhetően – egy folytonos térkép, amelyen a vertic tulajdonság előfordulási valószínűsége 0 és 1 között mozog, a 0,66-nál nagyobb értékek esetében tekintettük a kritérium feltételt teljesülőnek.

### ***Sótartalom***

A sótartalom meghatározása az elektromos vezetőképesség alapján történik, azonban egyik hazai talajadatbázis sem tartalmaz elektromos vezetőképességre vonatkozó méréseket. Az elektromos vezetőképesség azonban jól becsülhető a telítési paszta víztartalma és az összes vízben oldható sótartalom alapján (FILEP GY.–WAFI M.J.K. 1993), mely adatokat a MARTHA adatbázis tartalmazza. A MARTHA országos lefedettsége azonban nem konzisztens, ezért a DKTIR adatbázisból kiegészítettük olyan pontokkal, amelyeknél a rendelkezésre álló adatok alapján biztosra vehető, hogy a sótartalom értéke 0.

### ***Környezeti segédváltozók***

A pontszerű talajadatok térbeli kiterjesztéséhez különböző környezeti segédváltozókat alkalmaztunk, melyek azokat a talajképző tényezőket jellemzik, amelyek meghatározzák az adott térképezendő talajtulajdonságot.

A leggyakrabban alkalmazott segédváltozó a domborzati viszonyokat jellemzi. Jelen esetben az EU-DEM domborzatmodell (BASHFELD, A.–KEIM, A. 2011) Magyarországra vonatkozó kivágatát használtuk. Az EU-DEM alapján további domborzati paraméterek is levezethetők, melyek a lefolyási viszonyokról és a mikroklimáról is hordoznak információt. Ez utóbbiakat a SAGA GIS szoftver segítségével állítottuk elő.

A felszínborításról, a növényzet állapotáról és a csupasz talajfelszínről a műholdképek nyújtanak ismereteket. Jelen tanulmányban a MODIS felvételek vörös és infravörös sávjait, illetve az ezekből számított NDVI indexet használtuk, melyek tavaszi, illetve őszi időszakra vonatkoztak.

Az éghajlati viszonyokat jellemző meteorológiai paraméterek közül az átlagos évi középhőmérsékletet, évi csapadékmennyiséget, tényleges párolgást és evapotranszpirációt alkalmaztuk (SZENTIMREY, T.–BIHARI, Z. 2010).

Ezekon kívül rendelkezésre állt még a CORINE Land Cover (CLC) felszínborítási adatbázis (BÜTTNER GY. ET AL. 2012) 1:50.000-es méretarányban, Magyarország 1:100.000-es fedett földtani térképe (GYALOG L.–SÍKHEGYI F. 2005), illetve a DKTIR fizikai és kémiai tulajdonságokra vonatkozó foltterképe és egy genetikai főtípusra vonatkozó térkép (LABORCZI A. ET AL. 2015).

Összesen 70 környezeti segédváltozót alkalmaztunk a térképezéshez, melyek közül minden térképezendő talajtulajdonság esetén a legalkalmasabbakat választottuk ki.

A környezeti segédváltozókat az előkészítés során közös vetületi rendszerbe és 100 m-es felbontásra transzformáltuk. A vektoros állományokat raszterizáltuk és szintén, a raszteres segédváltozókhoz illeszkedő 100 m-es gridet állítottunk elő. A kategória térképek indikátor változóként kerültek felhasználásra.

### ***Térbeli kiterjesztés***

A célspecifikus talajtulajdonság térképek digitális talajtérképezési módszerrel készültek. Mivel a környezeti segédváltozók száma az egyes térképek esetében a 40-et is meghaladta, ezért először főkomponens analízissel csökkentettük a segédváltozók számát, majd a variancia 99%-át magyarázó főkomponenseket alkalmaztuk.

A térbeli kiterjesztést regresszió krigeléssel (RK) végeztük, mely a talajtérképezésben gyakran és eredményesen használt módszer (HENGL, T. ET AL. 2004, DOBOS E. ET AL. 2010, ILLÉS G. ET AL. 2011, SZATMÁRI G.–BARTA K. 2013.) Az RK olyan térbeli becselő eljárás, mely során először a célváltozót a segédváltozók többváltozós lineáris regressziója (MLRA) alapján modellezzük, majd a becsült és a mért értékek közötti eltéréseket krigeléssel terjesztjük ki. Az eredmény a regressziós modell és a krigelt eltérések összegeként adódik (HENGL ET AL. 2007).

A becslés pontosságának ellenőrzését Leave-One-Out Cross Validaitaion (LOOCV) módszerrel végeztük (STONE, M. 1974), melynek során meghatároztuk az átlagos hibát (ME), az átlagos abszolút hibát (MAE), az átlagos négyzetgyök hibát (RMSE) és a normalizált átlagos négyzetgyök hibát (RMNSE). Az ME és az RMNSE várható értéke 0 és 1, míg az MAE és az RMSE alacsonyabb értéke a pontosabb becslést jellemzi. A vertic tulajdonság esetében készült valószínűségi térkép validálását koincidencia mátrix alapján végeztük.

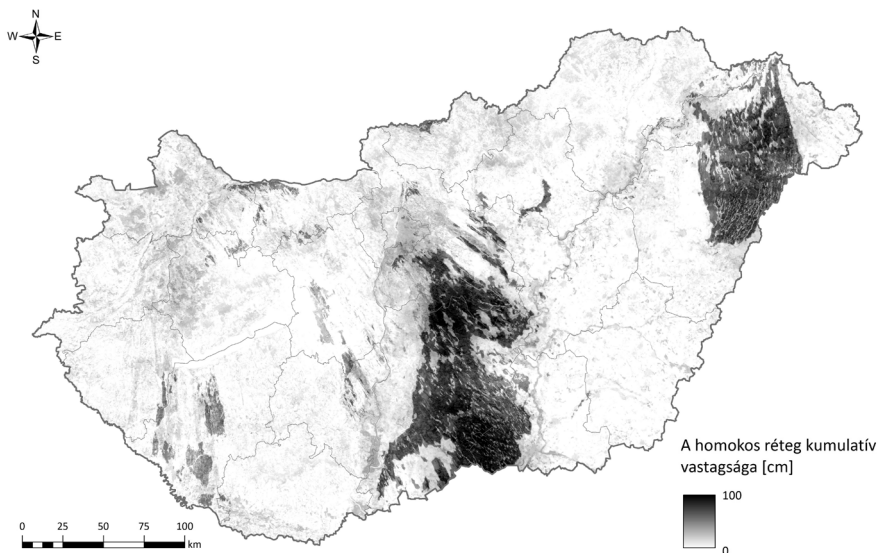
## **Eredmények**

### ***A homoktartalom térképezése***

A talajtextúrát alapvetően a domborzat, az éghajlat, a növényzet és az alapkőzet befolyásolja. A MLRA stepwise eljárása során az *1. táblázatban* összefoglalt segédváltozókat vontuk be a modellezésbe. A homoktartalomra vonatkozó, regresszió krigeléssel előállított becslés térképe az *1. ábrán* látható, melyen jól kirajzolódnak hazánk homokterületei, a modell ezekre a térségekre becsült vastagabb homokréteget. A becslés átlagos abszolút hibája 12 cm (*2. táblázat*).

### ***A vertic tulajdonság térképezése***

Ez esetben egy valószínűségi térképet készítettünk a vertic tulajdonság megjelenésére. A MLRA stepwise eljárása alapján az *1. táblázatban* található segédváltozókat vontuk be a modellezésbe. A vertic tulajdonság előfordulási valószínűségének térképe a *2. ábrán* látható. A nagyobb valószínűséggel rendelkező területek egybeesnek a mélyfekvésű, folyóvízi üledékkel borított térségekkel, ahol



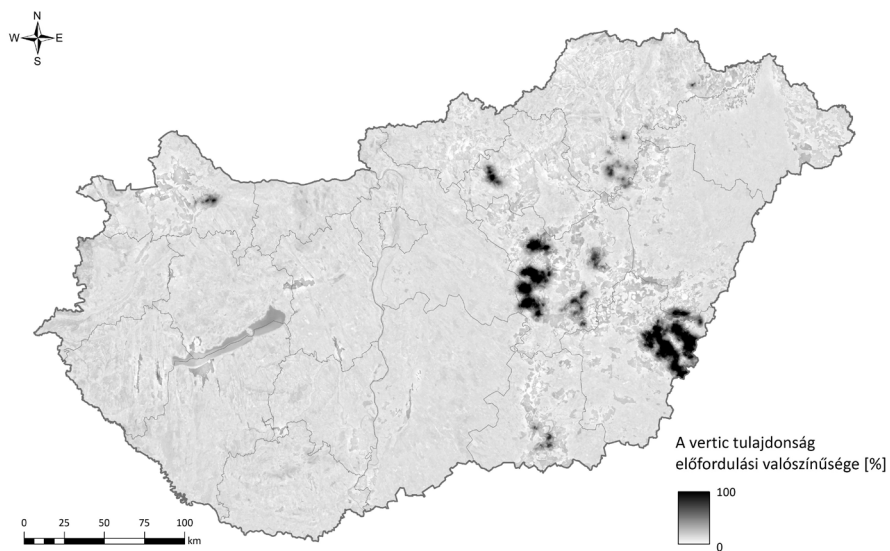
1. ábra A homokos réteg kumulatív vastagsága a talaj felső 100 cm-ében

1. táblázat A modellezéshez alkalmazott környezeti segédváltozók

	homoktartalom	vertic tulajdonság	sótartalom
<b>domborzat</b>	tengerszint feletti magasság, lejtőszög, MRRTF*, MRVBF**	kitettség, topográfiai nedvesség index, SAGA nedvesség index, MRRTF*, MRVBF**, napi anizotrópikus melegítés	SAGA nedvesség index, MRRTF*, MRVBF**
<b>éghajlat</b>	éves átlagos csapadékösszeg, tényleges párolgás, evapotranszspiráció	átlagos évi középhőmérséklet, átlagos éves csapadékösszeg, tényleges párolgás, evapotranszspiráció	átlagos éves csapadékösszeg, tényleges párolgás
<b>műholdas adatok</b>	NDVI, infravörös sáv (tavasz)	NDVI, vörös és infravörös sáv (tavaszi és őszi)	NDVI (őszi)
<b>felszínborítás</b>	szántók, erdők	–	legelő, ritkás növényzet
<b>geológia</b>	futóhomok	–	–
<b>talajfizika</b>	igen nagy vízvezetőképességű és gyenge víztartó képességű talajok	jó vízvezetőképességű és jó víztartó képességű talajok, síkeseek, köves, kavicsos talajok	szikes talajok
<b>talajkémia</b>	–	–	túlnyomóan semleges vagy gyengén lúgos, mésszel telített talajok
<b>genetikus főtípus</b>	–	–	szikes talajok

\* többszörös felbontású hegyhát index

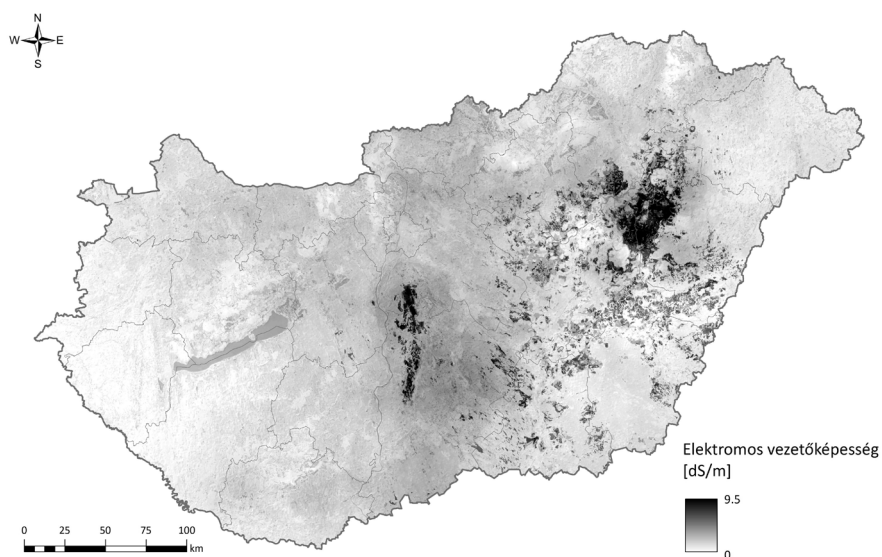
\*\* többszörös felbontású völgytalp index



2. ábra A vertic tulajdonság előfordulási valószínűsége a talaj felső 100 cm-ében

2. táblázat A validáció eredménye

	homoktartalom	sótartalom		vertic tulajdonság		
ME	-0,003	0,010	észlelt		becsült	
MAE	12,478	0,850			igen (1)	nem (0)
RMSE	19,853	1,430		igen (1)	34,8%	1,8%
RMNSE	1,094	0,935		nem (0)	1,2%	62,2%



3. ábra Az elektromos vezetőképesség a feltalajban

a belvízi elöntés is gyakori. A validálás során ez esetben a becsült valószínűségi értékek és az eredeti észlelések bináris paraméterei lettek összehasonlítva (2. táblázat). A valószínűségi térképen a 0,66-nál magasabb értékeke esetében tekintettük bizonyítottnak a vertic tulajdonság előfordulását.

### ***A sótartalom térképezése***

A talajok sótartalmát és ezáltal az elektromos vezetőképességét a domborzat, az éghajlat, a növényzet és az alapkőzet befolyásolja leginkább. A MLRA stepwise eljárása alapján az 1. táblázatban felsorolt segédváltozók kerültek be a modellezésbe. A talajok sótartalmát jellemző elektromos vezetőképesség térképezésének eredménye a 3. ábrán látható. A magas elektromos vezetőképességű térségek egybeesnek az országban található szikes területekkel. A validáció alapján megállapítható, hogy a modell kissé felülbecsül (ME), de a becslés elfogadható, mivel a MAE és az RMSE értékek viszonylag alacsonyak és nem érik el az értékészlet 10%-át (2. táblázat).

A bemutatott három példa alapján kívántuk szemléltetni, hogyan lehet a digitális talajtérképezés eszközeivel és a rendelkezésre álló talajinformációk újraértelmezésével és integrációjával kielégíteni a területi tervezés – mint a hátrányos természeti adottságokkal rendelkező területek lehatárolása – során felmerülő igényeket. A módszer természetesen egyéb tervezési kérdések adatigényének kielégítésére is használható, ha a térképezendő talajtulajdonság egyértelműen meghatározott.

### **Felhasznált irodalom**

- BASHFELD, A.–KEIM, A. (2011): Continent-wide DEM creation for the European Union. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 10–15th April 2011, Sydney, Australia.
- BÜTTNER, GY.–KOSZTRA, B.–MAUCHA, G.–PATAKI, R. (2012): Implementation and achievements of CLC2006. European Environment Agency, Technical Report – Revised Final Draft.
- DOBOS, E.–BIALKÓ, T.–MICHELI, E.–KOBZA, J. (2010): Legacy soil data harmonization and database development. In: Boettinger, J. L.–Howell, D. W.–Moore, A. C.–Hartemink, A. E.–Kienast-Brown, S. (szerk) Digital Soil Mapping Bridging Research Environmental Application, and Operation. Springer, Heidelberg, pp. 309–323.
- FAO (2006): Guidelines for soil profile description (4th edition). Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FILEP, GY.–WAFI, M.J.K. (1993): A talajoldat sókoncentrációjának és a talaj nátriumtelítettségének (ESP) számítása a telítési oldat jellemzőiből. Agrokémia és Talajtan 42(3–4), pp. 245–256.
- GYALOG, L.–SÍKHEGYI, F. (szerk.) (2005): Magyarország földtani térképe, M=1:100 000. A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- HENGL, T. (2009): A practical guide to geostatistical mapping. University of Amsterdam, Amsterdam, 291 p.



- Hengl, T.–Heuvelink, G. B. M.–Stein, A. (2004): A generic framework for spatial pre-diction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma* 120, pp. 75–93.
- ILLÉS, G.–KOVÁCS, G.–HEIL, B. (2011): Comparing and evaluating digital soil mapping methods in a Hungarian forest reserve. *Canadian Journal of Soil Science* 91(4), pp. 615–626.
- LABORCZI, A.–TAKÁCS, K.–BAKACSI, Zs.–SZABÓ, J.–PÁSZTOR, L. (2015): A Duna-Tisza köze genetikai talajtípus térképének előállítása adatbányászati eszközökkel. In: Boda, J. (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában*. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 269–275.
- MAKÓ A.–TÓTH B.–HERNÁDI J.–FARKAS Cs.–MARTH P. (2010): Introduction of the Hungarian Detailed Soil Hydrophysical Database (MARTHA) and its use to test external pedotransfer functions. *Agrokémia és Talajtan* 59(1), pp. 29–38.
- NEMES, A.–WÖSTEN, J.H.M.–LILLY, A.–OUDE VOSHAAR, J.H. (1999): Evaluation of different procedures to interpolate particle-size distributions to achieve compatibility within soil databases. *Geoderma* 90, pp. 187–202.
- VAN ORSHOVEN, J.–TERRES, J.-M.–TÓTH, T. (szerk.) (2014): Updated common biophysical criteria to define natural constraints for agriculture in Europe. EUR 26638 EN, JRC.
- PÁSZTOR L.–SZABÓ J.–BAKACSI Zs. (2010): Digital processing and upgrading of legacy soil data collected during the 1:25.000 scale Kreybig soil survey. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* 45(1), pp. 127–136.
- STONE, M. (1974): Cross-validatory choice and assessment of statistical predictions. *Journal of Royal Statistical Society: Series B* 36, pp. 111–147.
- SZATMÁRI, G.–BARTA, K. (2013): Csernozjom talajok szervesanyag-tartalmának digitális térképezése erózióval veszélyeztetett mezőföldi területen. *Agrokémia és Talajtan*. 62(1), pp. 47–60.
- SZENTIMREY, T.–BIHARI, Z. (2010): Application of MISH method for gridding of SPI series. BALWOIS 2010, Ohrid, Republic of Macedonia, 25–29th May 2010.
- VÁRALLYAY GY. (2002): Soil survey and soil monitoring in Hungary. European Soil Bureau, Research Report No.9.
- VÁRALLYAY GY. (2012): Talajtérképezés, talajtani adatbázisok. *Agrokémia és Talajtan* 61(Különszám), pp. 249–268.



# Vízminőség és medermorfológia vizsgálata egy Felső-Tisza menti holtmederben

Türk Gábor<sup>1</sup> – Balázs Boglárka<sup>2</sup> – Fehérné Baranyai Edina<sup>3</sup>

<sup>1</sup> DE, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, trkgbr87@gmail.com

<sup>2</sup> DE, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, balazs.boglarka@science.unideb.hu

<sup>3</sup> DE, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, baranyai.edina@science.unideb.hu

**Abstract:** Recently, various researches have focused on the environmental condition assessment of oxbow lakes along rivers. In this study we investigated the bed morphology, conductivity and the changes of macro- and microelements in the oxbow, named Kacsa-tó, that was formed by the 45th cutoff on Tisza River, then the results were plotted using GIS software. Our results show that at the beginning of the flood the oxbow could be divided into two distinct heterogeneous parts. Based on the conductivity values, we found that the overturning was not complete.

## Bevezetés

A Duna és Tisza folyók, valamint a mellékfolyók medreinek a 19. és a 20. században végzett szabályozása a térség árvizek elleni biztonságának érdekeit és újabb területek mezőgazdasági hasznosíthatóságát szolgálta (SZLÁVIK L. 2002). Az így kialakult holtmedrek jelentős része mind a mai napig megfigyelhető (CSÁNYI B. ET AL. 2003), melyek világviszonylatban is ritka, természetközeli állapotú vizes élőhelyek. A vizes élőhelyek és velük együtt a holtmedrek a leginkább veszélyeztetett területek közé tartoznak, azonban a veszélyeztetés nemcsak emberi zavarásból, hanem a feltöltődésből, és a vízpótlás hiányából adódik (CSABAI Z. ET AL. 2000; PÁLFAI I. 2002; TAMÁS M. –FARSANG A. 2012).

A Tisza évente akár többször is kiléphet a medréből és elárasztva ezzel a gáton belüli területeket, a hullámtéri holtmedreket feltölti, megújítja, így vízpótlásuk és vízcseréjük biztosított (BABKA B.–SZABÓ SZ. 2007). A Tisza és mellékfolyóinak a hordalékszállító képessége megváltozik, amint kilép a Kárpátokból. A nagyobb szemcse-összetételű hordalékot lerakja, azonban még így is jelentős lebegtetett hordalékkal kell számolni, melyek 1-1 áradás során a holtmedrekben is leülepednek (SZALAI Z. ET AL. 2005; SZABÓ J. ET AL. 2012). Miután a holtmedrek felszíni víztranszport tekintetében legalább részben függetlenedtek a folyótól, a víztömeg az addigitól eltérő hidrológiai folyamatok hatása alá került (BABKA B. ET AL. 2011; KUNDRÁT J. T. ET AL. 2012; BALOGH ZS. ET AL. 2016).

Célunk az volt, hogy a 2013-as a tiszai áradás hatására végbemenő fizikai-kémiai változásokat megvizsgáltuk. Halradar, valamint térinformatikai eszközök, és szoftverek felhasználásával feltérképeztük a holtmeder geomorfológiai szerkezetét, így a terület homogenitását tudtuk megállapítani. Terepi pH, és vezetőképesség mérő

készülékekkel pedig az aktuális fizikai, kémiai állapotot mértük fel a tavaszi árhullám levonulásakor.

## Anyag és módszer

A holtmeder medermorfológiájáról csak hozzáfetőleges információink voltak, így a kémiai paraméterek felmérése mellett feltérképeztük az aljzatát is. A terepi vizsgálatot egy GARMIN MAP 62 típusú GPS és HUMMINBIRD halradar együttes felhasználásával végeztük. Csónakkal haladva egyenletes sűrűségű pontthalmazt rögzítettünk. Az adatokat táblázatba rendeztük, majd ArcGIS 10.0 szoftverben, az aljzat mélységviszonyainak bemutatásához TIN-modellt, a vezetőképességet szemléltető térkép esetében IDW interpolációt alkalmaztunk. A terepi adatgyűjtés után összeállítottuk a mederprofil és a vezetőképesség térbeli eloszlásának reprezentálásához szükséges adatbázist. A 3D ábrázolást Voxler 3 szoftver segítségével készítettük el.

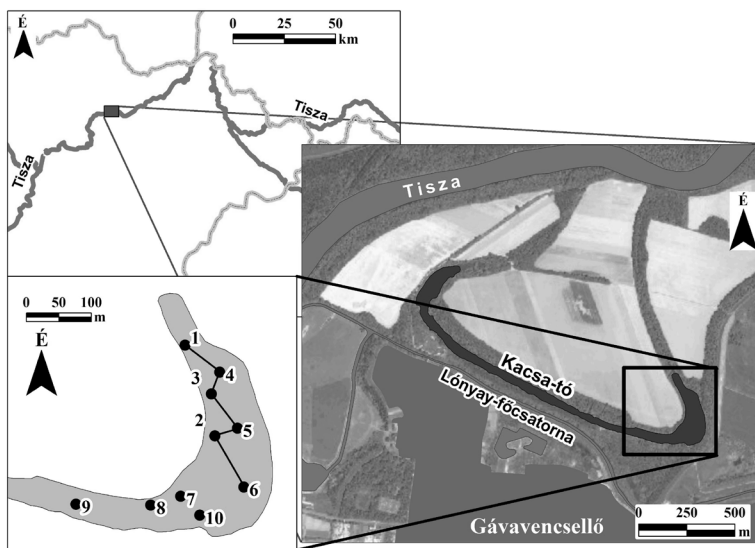
A holtmeder délkeleti részén található kanyarulatot térképeztük fel részletesebben. A vízminőség monitorozásban segítségünkre volt egy rétegzett mintavevő. A vizsgálat során a mélységgel együtt folyamatosan mértük a felső 25 cm-es rétegben a vezetőképességet is (WTW Cond 315i). Az árhullám kezdetén 10 mintavételi ponton (*1. ábra*) rétegzett mintavevő segítségével 25 cm-ként vertikális vízminta sorozatokat gyűjtöttünk be.

A mintákat 50 ml-es Falcon csövekbe gyűjtöttük, majd salétromsavas átsavanyítás után a Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén mikrohullámú plazma atom emissziós spektrométer (Agilent, MP-AES 4100) segítségével a minták makro- (Na, K, Ca, Mg) és mikroelem (Al, Ba, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn) tartalmát határoztuk meg. A mérési adatok kiértékeléséhez az SPSS 19 és Microsoft Excel 2010 típusú szoftvereket használtuk.

## Eredmények

A tó legmélyebb pontján a vízmélység meghaladja a 4 métert, a felmérés időszakában a legsekélyebb részek kb. 1–1,2 m mélységűek voltak. Az adatfelvétel idején a tó átlagos mélysége 2,8 méter volt. A holtmeder legszélesebb szakaszán a két part távolsága meghaladja a 140 métert, legkeskenyebb részén pedig alig 40 méter a távolság. Jól látható, hogy két mélyebb és egy hosszan elnyúló, sekélyebb részre osztható. A terület déli és délnyugati peremén futó gát határolja el a Lónyay-főcsatornát és a hullámteret. A holtág medrének keresztmetszete a fokozatos feltöltődés és a vízáramlás megszűnése miatt homorú (csésze) alakú, amely egyenletes meredekséggel írható le (*2. ábra*).

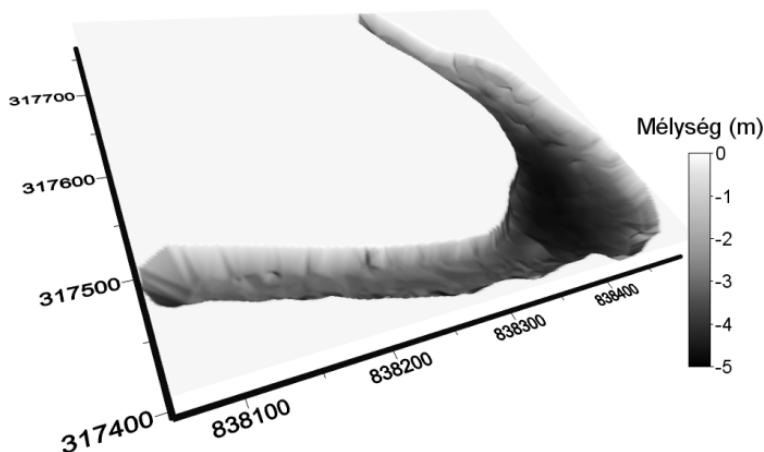
A legmélyebb részei ÉK-DNy futásirányt követnek, innen továbbhaladva a mederszint fokozatosan emelkedik. A legmélyebb részek az egykori sodorvonalban találhatók, általában itt fordulnak elő növénymentes nyílt vízfelületek. A vizsgálat



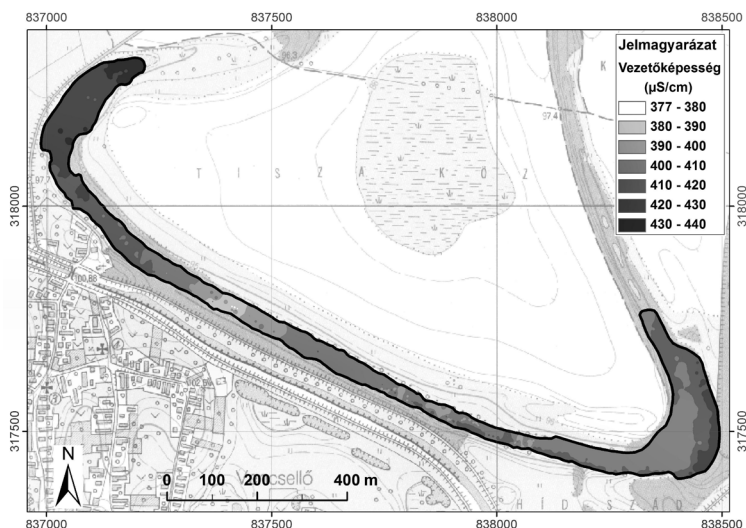
1. ábra A holtmeder jelenlegi helyzete, valamint a DK-i kanyarulat mintavételi pontjai és az #1-4-3-5-2-6 pontokat összekötő sáv elhelyezkedése

során a meder alját homogén lefutásúnak észleltük, sem hirtelen medertörést, sem pedig víz alatt húzódó árkot nem találtunk. Árvíz idején észak felől közvetlen kapcsolatba kerül a Tiszával. Ennek következtében a holtmeder vize felfrissül, átkeveredik, valamint a Tisza által szállított hordalék egy része leülepedik, ami hozzájárul a holtmeder további töltődéséhez.

A levonuló árhullám a holtmeder vízkémiai összetételében változásokat idézett elő. A vezetőképesség értékei 377 és 708  $\mu\text{S}/\text{cm}$  között ingadoztak, az átlag 560  $\mu\text{S}/\text{cm}$  volt. A mérés során a makroelemek közül legnagyobb mennyiségben kalciumot, legkisebb mennyiségben a káliumot mértünk. A mikroelemek között legalacsonyabb koncentrációban a mangán, legnagyobb átlagos koncentrációban a stroncium volt



2. ábra A holtmeder DK-i kanyarulatának 3D mederszerkezete



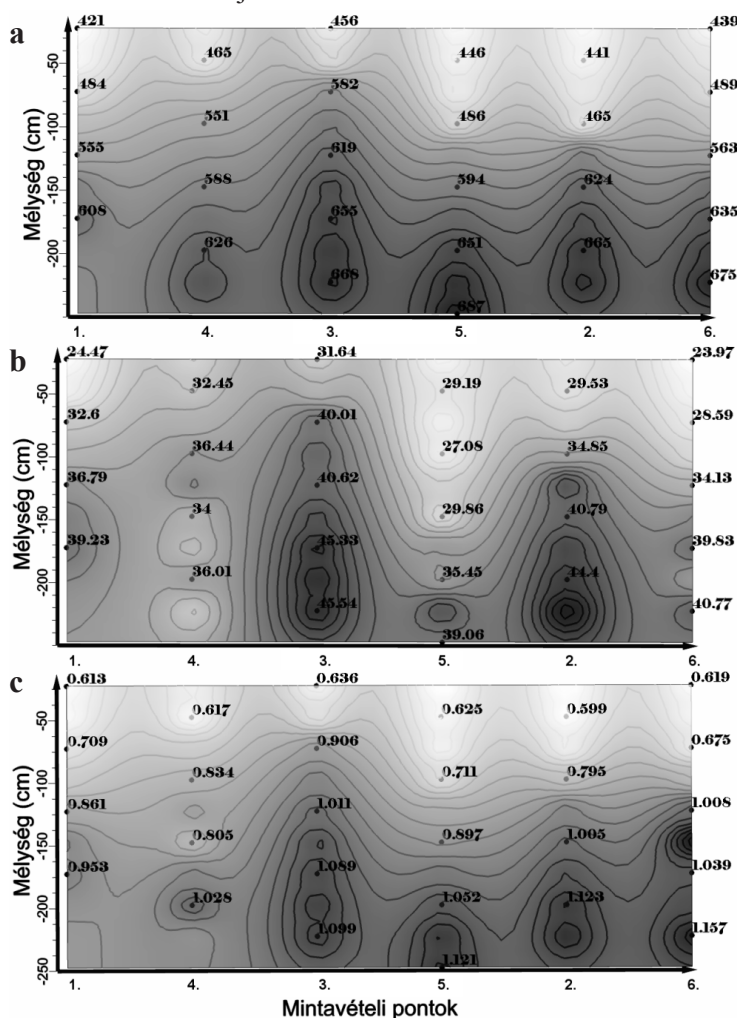
3. ábra A vezetőképesség értékeinek változása

jelen a vizsgált elemek közül. A felméréskor mintát vettünk a Tiszából is, melyben ugyanolyan elemeloszlást tapasztaltunk, mint a holtmederben. Ebből arra tudtunk következtetni, hogy az árhullám levonulásakor a vízgyűjtőterületről kalciumban és stronciumban dús üledéket hoz magával. Ez nem csak a Tiszán, hanem a holtmederben is megfigyelhető (BRAUN M. ET AL. 2010).

A felszíni 25 cm-es rétegben mért vezetőképesség értékei egyenlőtlenül oszlanak el a holtmeder teljes területén (3. ábra). A világosabb résszel jelzett szakasz az alacsonyabb vezetőképességű területrészt mutatja. A sötétebb részek a partszegélyt, a magasabb értékeket és a lassabb keveredést mutatják. A csatornarész középső szakaszán a vezetőképesség értékek az ÉNy-i, nagyobb kiterjedésű részhez képest alacsonyabb értéket mutattak. A tó ÉNy-i, mélyebb részén tapasztaltuk a legmagasabb koncentrációjú részt, mivel itt még nem történt meg a teljes átkeveredés. Az eredmények azt mutatják, hogy az árhullám levonulásának kezdetén a holtmeder két egymástól elkülöníthető heterogén részre tagolható.

Az 1-4-3-5-2-6 mintavételi pontokat összekötve kaptuk azt a területet, melyen a levonuló árhullám hatását és a turbulens átkeveredés folyamata zajlik (1. ábra). Ezekben a mintavételi pontokban a vezetőképességet (4/a ábra), a kalcium (4/b ábra), és a stroncium mélység szerinti eloszlását ábrázoltuk izovonalak segítségével (4/c ábra). A vezetőképesség esetében vertikálisan három réteget lehet elkülöníteni. A felső 50 cm-es sávban a legalacsonyabbak az értékek, amit az ábra fehérrel jelöl. Valószínűsíthető, hogy az árhullám módosító hatása elsőként ebben a rétegben megy végbe. A következő az 50–150 cm közötti szürke átmeneti sáv, ahol a vezetőképesség értékek 550  $\mu\text{S}/\text{cm}$  körül ingadoztak. A harmadik réteg a 150 cm-től mélyebb vízréteg, ahol a mért értékek meghaladják a 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ -t, tehát ebben a rétegben mérhető a legnagyobb ionkoncentráció. Vezetőképesség alapján a teljes átkeveredés egyik függélyben sem történt meg (4/a ábra).

A kalciumnál (4/b ábra) és a stronciumnál (4/c ábra) is megfigyelhető a hármas rétegződés, azonban ezeknél az elemeknél már területi elkülönülés is kialakul. Az 1. és a 4. függvényekben, a fenék felé haladva a koncentráció-értékek egyik elemnél sem mutatnak jelentős különbséget, ami azt jelenti, hogy ezekben a pontokban teljes mértékben megtörtént az átkeveredés és a hígulás. Az 5. függvényben a kalciumnál, illetve részben a stronciumnál még nem ment végbe a teljes átkeveredés, ezért lehet látni a 200 cm-nél mélyebb rétegekben sötéttel jelölt magasabb koncentrációt. Az 1. ábrán látható, hogy a 4–3, valamint az 5–2 függvények között alig 50 m a távolság, de az 4/b-c ábrákon mégis lehet koncentrációbeli eltérést tapasztalni. Különösen a kalcium esetében, ahol a különbség több mint 10 mg/l. Ez alapján valószínűsíthető, hogy az átkeveredés és a hígulás először a tó középvonalában történik meg, majd a szélek felé is fokozatosan kiteljesedik.



4. ábrák Az EC (a), a kalcium (b) és a stroncium (c) mennyiségi eloszlása ( $\mu\text{S/cm}$ ; mg/l) változása az 1-4-3-5-2-6 sáv mentén (1. ábra)

## Következtetések

Az árhullám levonulásának a kezdetén a holtmeder két egymástól elkülöníthető heterogén területre tagolódik. Az egyik, ahol a leghamarabb érintkezik a Tiszával, itt történik meg a leggyorsabban a keveredés, valamint arra a területre, ahol az árhullám még nem érezteti hatását. Ezt bizonyítják a magasabb vezetőképesség-értékek. A holtmeder vizének teljes keveredése részben az áradás kezdeti szakaszához, a beáramláshoz, illetve a legnagyobb vízálláskor jelentkező legintenzívebb vízfelszín alatti áramlásokhoz köthető. Ez az adott időszak vízállásától és a turbulens áramlások erősségétől függően különböző eredménnyel zárulhat az elkeveredés szempontjából. Azaz olyan helyzet is előfordulhat, hogy a holtmeder vize nem keveredik át teljesen. Mérésünk időpontjában a vezetőképesség értékei alapján arra következtettünk, hogy az elkeveredés még nem teljes, de az áradás ekkor még csak a kezdeti szakasznál járt. Továbbá azt tudjuk elmondani, hogy a beáramló víz először a felszíni réteggel keveredik össze, és majd csak a teljes elöntés után történik meg a holtmeder teljes vertikális keveredése. A felkeveredés hatására a lágy üledékből az oldott ionok képesek visszaoldódni, így tovább növeli a háttér-koncentrációt.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni a gávavencsellői Tiszaparti Horgászegyesület vezetőségének, akik biztosították a zavartalan munkát.

A mérésekhez szükséges MP-AES készüléket a Novo-Lab Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. A műszeres mérések az Agilent Atomspektroszkópai Partner Laboratóriumban történtek.

A tanulmány elkészültét az „Az egyedi fejlesztést biztosító ösztöndíjak” című, NTP-EFÖ-P-15 kódjelű pályázat finanszírozta.

## Felhasznált irodalom

- BABKA B.–FUTÓ I. –SZABÓ SZ. (2011): Clustering oxbow lakes in the Upper-Tisza Region on the basis of stable isotope measurements. *Journal of Hydrology* 410:(1–2) pp. 105–113.
- BABKA B.–SZABÓ SZ. (2007): Water chemical analysis of the oxbow lakes near the Upper Tisza River. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment Series* 1:(1) pp. 36–43.
- BALOGH ZS.–HARANGI S.–KUNDRÁT J. T.–GYULAI I.–TÓTHMÉRÉSZ B.–SIMON E. (2016): Effects of anthropogenic activities on the elemental concentration in surface sediment of oxbows. *Water Air and Soil Pollution* 277: (13) pp. 1–8.
- BRAUN M.–PAPP I.–KORPONAI J.–LUKÁCS V.–GYULAI I.–FORRÓ L.–HUBAY K.–SZALÓKI I. (2010): A Tisza vízjárásának nyomai a Marótzugi-Holt-Tisza üledékében. *Hidrológiai Közlöny* 90:(6) pp. 20–22.

- CSABAI Z.–MÓRA A.–HORVÁTH R.–MÜLLER Z.–DÉVAI GY.–FÖLDESI R.–KIRÁLY A.–VARJU T.–DEÁK B. (2000): A szegélyhatás vizsgálata alföldi vízterek mocsári növényzet- és hínárállományaiban. *Acta Biologica Debrecina-Supplementum Oecologica Hungarica* 11:(1) p. 202.
- KUNDRÁT J. T.–GYULAI I.–BAKAI G.–SZŰCS G.–BALOGH ZS.–LAKATOS GY. (2012): Üledék és vízkémiai vizsgálatok a Felső-Tisza vidéken. *Hidrológiai Közlöny* 92:(5–6) pp. 47–49.
- PÁLFAI I. (2002): Adatok a Magyarországi holtágakról. *Vízügyi Közlemények* 84:(2) pp. 214–238.
- SZABÓ J.–VASS R.–TÓTH CS. (2012): Examination of fluvial development an study areas of Upper-Tisza region. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7:(4) pp. 241–253.
- SZALAI Z.–BALOGHNÉ DI GLÉRIA M.–JAKAB G.–CSUTÁK M.–BÁDONNYI K.–TÓTH A. (2005): A folyópartok alakjának szerepe a hullámtereken kiülepedő üledékek szemcse- és nehézfém frakcionációjában, a Duna és a Tisza példáján. *Földrajzi értesítő - Hungarian Geographical Bulletin* 54:(1–2) pp. 61–84.
- SZLÁVIK L. (2002): Árvízvédelem. In: Somlyódy L. (ed.) *A hazai víz-gazdálkodás stratégiai kérdései*. Budapest, MTA, pp. 205–244.
- TAMÁS M.–FARSANG A. (2012): Alsó-Tisza-vidéki és Hármas-Körös menti holtágak környezeti szempontú értékelése iszapvizsgálatok eredményei alapján *Tájökológiai Lapok* 10:(2) pp. 231–245.





# Az automatizált térképi generalizálás bevezetésének lehetőségei a szakmai, felsőfokú oktatásban: eddig tapasztalatok, jövőbeli célok

Ungvári Zsuzsanna

tanársegéd, ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, ungvarizs@map.elte.hu

**Abstract:** „The cartographic generalization is the process of reducing the information content of maps due to the scale, intended audience and/technical constraints” (Slocum 2005). Using mathematical algorithms or routines during the process of generalization needs less human work. In the last few years, several, mainly polyline or polygon simplification and smoothing algorithms were implemented in the geoinformatics softwares like ArcGIS or QGIS. While map makers can apply them, it is important to know how to use them, and know their efficiencies and limits. In the cartographer training programme at Eötvös Loránd University, the students meet some line generalization algorithms and learn the theory of automatic generalization.

## Bevezetés

*„Egy-egy térkép maximális információmennyiségét a térkép befogadóképességének nevezik. A befogadóképesség korlátozottsága miatt a térképen nem lehet a teljes valóságot bemutatni. A térképen megjelenő információk közül ki kell válogatni azokat, amelyek az adott térkép befogadóképessége mellett még ábrázolhatók, és ugyanakkor a legjellemzőbb, leglényegesebb ismereteket közvetítik a valóságról. A lényeges ismertetőjegyek kiemelése, a lényegtelenről való elkülönítése egy szűrősorozat működéséhez hasonlítható. Ezt a kiválogatási/szűrési folyamatot nevezik generalizálásnak...” (KLINGHAMMER 2010).*

A generalizálás a térképészet tudományának egyik fő vizsgálati területét képezte, és valószínűleg a jövőben is képezni fogja. A térképész a térkép maximális befogadóképességének ismeretében választja ki az ábrázolási módszert, és az ábrázolni kívánt adatokat. Az ábrázolni kívánt adatok mennyiségét meghatározza a térkép méretaránya, célközönsége, és a választott terület földrajzi adottságai, valamint a technikai feltételek (SLOCUM 2005).

A térképi generalizálás témakörében számos cikk, tanulmány és oktatási anyag látott már napvilágot. A hazai szakirodalomban talán a legfontosabb, legtöbbet „forgatott” műnek a Klinghammer–Papp–Váry szerzőpáros által írt, 1983-as kiadású *Földünk tükre a térkép* című könyvet nevezném (KLINGHAMMER–PAPP–VÁRY 1983). Ebben külön fejezetet szentelnek a szerzők a generalizálás leírásának. A könyvet a térképész képzés hallgatói kb. 25 évig forgatták, így időszerűvé vált annak felújítása, átdolgozása. A térképészeti oktatásban hiánypótló szakirodalomként jelent meg 2010-ben a *Térképészet és geoinformatika I.* című tankönyv Klinghammer István szerkesztésében (KLINGHAMMER 2010). A generalizálás elméletének leírása ebben

a könyvben is jól összefoglalja a térképszerkesztés során megfogalmazott elméleti problémákat, bemutatja a generalizálás folyamatait, típusait. Az említett két tankönyvben foglaltak a „kézzel” végzett generalizálás folyamatait mutatják be. Ebben az esetben a „kézi” generalizáláson nemcsak a hagyományos eszközökkel végzett (fólia, rajztoll) térképszerkesztést értem, hanem a grafikai programban elvégzett generalizálást is: minden olyan esetben, amelyben a térképszerkesztő végzi az egyszerűsítést, és nem a szoftver-, vagy valamilyen matematikai algoritmus. Az algoritmus matematikai és logikai műveletek véges sorozata, amely egy folyamatot reprezentál (ROGERS 1987). Az automatizált generalizálás lehetőségeit egyik kötet sem ismerteti, pedig alapvető generalizálási műveletekre már több szoftver is képes. Jelen tanulmányban összefoglalom, és rendszerezem azokat az ismereteket, a szakirodalom azon részét, amelyet szükségesnek tartok bevezetni generalizálás oktatásában a felsőfokú képzésekben. Az ELTE Informatikai Karának térképész alap- és mesterképzésében törekszünk arra, hogy a hallgatók megismerkedhessenek az új módszerekkel, szoftveres lehetőségekkel is.

### **A téma jelenléte a nemzetközi és hazai szakirodalomban**

A generalizálást talán nem túlzás a térképészet egyik leggyakrabban tanulmányozott szakterületének nevezni. Az automatizálás kutatásának témakörét a számítógépek megjelenése hívta életre. Már az 1960-as évek végen, 1970-es évek elején (RAMER 1972, DOUGLAS–PEUCKER 1973) születtek olyan algoritmusok, amelyekkel lehetségessé vált vonallancok töréspontjai számának csökkentése. Mivel a térképeken az egyik leggyakoribb objektum a vonalas elem – hiszen a felületek is visszavezethetők vonalas objektumokra – ezért ezek futásvonalának egyszerűsítését kezdték el legkorábban tanulmányozni. Azóta folyamatosan születnek újabb és újabb algoritmusok az egyes generalizálási folyamatokra.

**Az automatizált generalizálás célja az emberi munka csökkentése úgy, hogy a végeredmény a leginkább hasonlítson ahhoz, mintha a generalizálást „kézzel” végezték volna el.**

Az előző kijelentést szem előtt tartva először a fontosabb nemzetközi szakirodalmi vonatkozásokat tekintem át.

A térképészet oktatására született 1999-ben a Slocum–McMaster–Kessler–Howard által, angol nyelven írt **Thematic Cartography and geographic visualization** című könyv (Tematikus kartográfia és földrajzi vizualizáció). Ebben egy hosszabb fejezet foglalkozik a generalizálással (Scale and generalization: A méretarány és a generalizálás, írta McMaster). A fejezet néhány fontos alapfogalom leírásával kezdődik (méretarány, generalizálás), majd röviden ismerteti a generalizálás történetét, és generalizálási folyamat megértését segítő modelleket fogalmaz meg. Ezzel eddig a hazai szakirodalom nem foglalkozott. Kiemelném ebből Kilpeläinen modelljét, aki az adatbázis alapú generalizálás ötletét már a 90's években felvetette. Ehhez létre kell hozni egy részletes adatbázist (digitális alapadatok adatbázisa),

amelyből különféle méretarányokban térképi adatbázisok vezethetők le. Ezekből a kiválasztott jelkulccsal generalizált térképeket készíthetünk (digitális kartográfiai adatbázis). A fejezet további részében a generalizálási műveleteket, szabályokat részletezi (SLOCUM 2005). Klinghammer könyveiben hét szabályt állít fel (KLINGHAMMER–PAPP-VÁRY 1983, KLINGHAMMER 2010), ezzel szemben a Slocum-féle könyvben tíz szabályt különít el a szerző. A két táblázat között párhuzamok állíthatók fel, egyes kifejezések egymást átfedik. Kivételt képez az egyszerűsítés és simítás fogalma. Ugyanis Klinghammer egyszerűsítésnek nevezi azt a folyamatot, amelyben az elem „futásvonala” vagy „körvonala” egyszerűsödik. Az angol nyelvű szakirodalomban a simítás folyamatát az automatizálás figyelembevételére miatt külön definiálják, jogosan: az egyes vonalegyszerűsítő algoritmusok többségében vonallánccokat, vagyis polyline-okat adnak eredményül, ezeket lehet utána simítani. McMaster a könyvben két táblázatot is szentel a legfontosabb vonalegyszerűsítő és simító algoritmusok bemutatásának.

Az automatizált generalizálásban való elmélyedéshez az **Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation** (Algoritmikus alapozás a tér többféle méretarányú ábrázolásához) című könyv használható (LI 2007). Li összefoglalta és rendszerezte az utóbbi évek legfontosabb ismereteit. A könyv könnyen érthető és olvasható, mivel kevés képletet és matematikai formulát tartalmaz. Irodalomjegyzéke bőséges, értékes forrásul szolgálhat további kutatómunkához, a részletek megértéséhez.

A másik összefoglaló mű a NCGIA Core Curriculum in GIScience 48. fejezete, amelynek szerzője szintén Robert McMaster. Angol változata az interneten szabadon elérhető. Ebben a fejezetben vázlatosan mutatja be a vonalegyszerűsítés legfontosabb folyamatait (Line generalization). Ennek a kiadványnak magyar fordítása is megjelent 1994-ben: a térinformatika legújabb ismereteit egységesíti, tekinti át vázlatosan. Az említett fejezetet Márton Mátyás fordította (NCGIA CORE CURRICULUM 1994).

A hazai szakirodalomban igen keveset foglalkoztak eddig a generalizálás automatizálásának kérdéseivel. Az egyik első ilyen témájú kéziratot 1977-ben, Stegena-Füsi-Klinghammer szerzőhármas jelentette meg. A kiadvány kis példányszáma miatt alig fellelhető. Ebben a térképkészítés folyamatának automatizálási lehetőségeit ismertetik, többnyire a korabeli mechanikus technológia példáján. Azóta az „automatizálás” kifejezés új tartalmat nyert, ezt fentebb definiáltam. Ebben a kiadványban is már említik a generalizálás automatizálásának műveleteit, bár inkább a jövőbeni szerepére hívják fel a figyelmünket. Ezt a kéziratot időben megelőzte az 1970-es Térképi generalizálás könyv, Stegena Lajos szerkesztésében. Ennek több fejezete is tartalmaz utalásokat lehetséges automatizálásra, egyik a szűrőelmélet alkalmazása, amelyet korabeli gépen már Stegena Lajos is alkalmazott.

A 1994-ben jelent meg a már említett NCGIA Core Curriculum magyar változata, ezt követően mindössze egy projektről van tudomásom, ez pedig a határrajz generalizálásával foglalkozott (ABDS PROJEKT, 1999, FÖMI).

## Az automatizált generalizálás gyakorlati megvalósítása szoftverekben

Az utóbbi években jelentek meg generalizálási algoritmusok a térinformatikai szoftverekben. Itthon a két leggyakrabban alkalmazott szoftver az ArcGIS és a QGIS. A QGIS szabad hozzáférésű szoftver, beépítve csupán egy vonalláncok csomópontjait ritkító rutin található a haladó szerkesztési funkcióknál. Azonban a szoftver erősen támogatja a felhasználók által fejlesztett modulokat. Jelenleg többféle modul is rendelkezésünkre áll: az egyiket diplomamunkája keretében ELTE-s hallgató fejlesztette (ANCSIN 2016).

Az első, vonalláncok egyszerűsítésére és simítására használható modul a QGIS-ben a Generalizer volt. A Generalizer többféle algoritmust kínál, két nagy csoportra bontva, ezek az egyszerűsítés (Douglas–Peucker, Lang, Jenk, Reuman–Witkam és csomópontesökkentő algoritmusok) és simítás (Chaiken-féle simítás, Boyle „előretekinő” algoritmus, interpoláció Hermite-görbével, McMaster „csúsztatott átlag” és „távolsággal súlyozott átlag” algoritmus, Snakes vagyis simítás „kígyókkal”). A modul hátránya, hogy csak vonalas rétegeket képes feldolgozni.

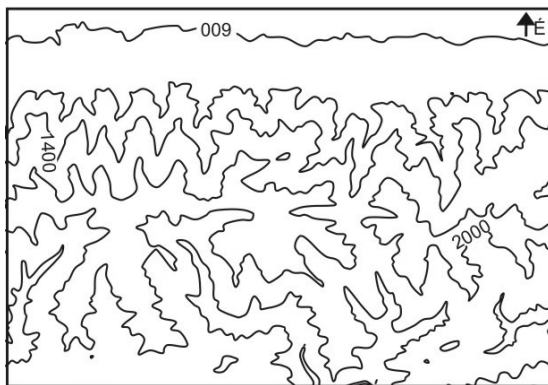
A tárházban másodikként megjelent modul a SimpliPy volt, amely képes vonalakat és felületeket is egyszerűsíteni (a Visvalingam–Whyatt és a Douglas–Peucker-algoritmussal) úgy, hogy a topológiát is megőrizze. Ebben az esetben az egyszerűsítés után nem keletkeznek sem lyukak, sem átfedések. Sajnos, a modul működése nem tökéletes: tesztelése során többször, többféle hibával is szembesültünk (pl. főleg a belső gyűrűket tartalmazó felületeknél megszakad az egyszerűsítés).

A Line Genetic Simplifier-t vonalak egyszerűsítésére fejlesztették, de használata igen komplikált, ezért nem is javaslok: nehezen érthetőek a beállítandó paraméterek, nincs hozzá jól értelmezhető dokumentáció. A modul egyébként a vonalegyszerűsítést a génekhez és az öröklődéshez hasonlítja, a paramétereket is eszerint nevezi el. Másik hátránya, hogy az algoritmus futásideje rendkívül hosszú: azt az adattömeget, amelyet pl. a Generalizer bármely algoritmusával max. fél percen belül sikerült egyszerűsíteni, itt alkalmazva kb. fél óra elteltével kaptam csak eredményt.

Mivel nem volt olyan modul, amely tökéletesen alkalmas lett volna felületek egyszerűsítésére, ezért Ancsin Attila ELTE-s programtervező informatikus hallgató mesterdiplomamunkája keretében fejlesztette a PolygonSimplifier nevű modult. Többféle vonalegyszerűsítési algoritmust is beépített, amelyekkel lehetséges a felületek topológia-megőrző generalizálása is (ANCSIN 2016).



1. ábra A QGIS modulok logói: Generalizer, Polygon Simplifier, SimpliPy, Line Genetic Simplifier



2. ábra Példa az automatizált generalizálásra: szintvonalak egyszerűsítése Douglas–Peucker-algoritmussal, majd simításuk Bézier-görbékkel. Részlet a Fogarasi-havasokat ábrázolja (Agárdi–Ungvári–Zentai 2013)

Az ArcGIS Cartography toolbox Generalization modulja ennél többféle lehetőséget kínál: az egyszerűsítésnél kétféle algoritmust érhetünk el (Point remove – „csomópontok törlése”, amely valójában a Douglas–Peucker algoritmus, és a Bend simplify – „ívek egyszerűsítése”, amely pedig a Wang-algoritmus), valamint a simításnál is (Bezier Interpolation – Bézier-interpoláció, amelynél Bézier-görbékkel helyettesítjük a vonalláncokat, és a Polynomial Approximation with Exponential Kernel – Polinomiális approximáció exponenciális kernellel, amelynek eredménye leginkább a Chaiken-algoritmushoz hasonlít). Mindkét esetben lehetséges vonalas és felületi elemek egyszerűsítése és simítása a topológia megőrzésével (pl. nem keletkeznek lyukak és átfedések a poligonok között).

A vonalak és felületek generalizálásán kívül más algoritmusokat is megtalálhatunk: a szoftver pontcsoportokat és poligonokat képes összevonni felületté. A kétvonalas polyline-okból is készíthető egy vonal, ebben az esetben a két vonal tengelye lesz az eredmény. Az úthálózatok összetettségének csökkentésére írt algoritmus célja a lényeges utak megőrzése, a kevésbé fontosak elhagyása. Az épületek egyszerűsítésére is kínál megoldást az ArcGIS.

A két vezető térinformatikai szoftveren túl számos eszköz létezik még az automatizált generalizálásra. A Grass GIS v.Generalize moduljából fejlesztették a QGIS Generalizer-ét, ezért ezek szinte megegyeznek (GrassGIS 2016).

Kevésbé ismert szoftver az FME Desktop a Safe Software-től, ebben is többféle algoritmus létezik a vonalegyszerűsítésre és simításra. A szoftverből jelenleg 30 napos próbaverzió tölthető le költségmentesen (FME DESKTOP 2016).

Axpan az Axes System terméke, kifejezetten kartográfiai generalizálásra és térképszerkesztésre fejlesztették. Sajnos, a szoftver igen drága, mivel speciális, szűk megrendelői és felhasználói körrel rendelkezik. Előnye, hogy a fejlesztők egyedi igényeket is beépítenek a szoftverbe (AXES 2016).

A kartográfiai és általános grafikai szoftverekben is lehet vonalakat generalizálni. Az OCAD utolsó verzióiban (10 és 11) például görbéket lehet polyline-

ná konvertálni és fordítva (OCAD 2016). A túl sok csomóponttal rendelkező görbék vertexeinek száma szintén csökkenthető (ilyenek általában szabadkézi rajzzal jönnek létre). Például a Corel Draw vektorgrafikus szoftverben a vonalak csomópontcsökkentése lehetséges.

Említésképpen más szoftverekben találhatók még generalizálási rutinok, melyek főleg a Douglas–Peucker-algoritmust használják (pl. GDAL/OGR modul Python programozási környezetben (GDAL 2016), PostGIS, SpatiaLite).

### **Az automatizált generalizálás oktatása az ELTE-n: eddigi eredmények**

A ELTE földtudományi alapszak térképész és geoinformatikus szakirányos hallgatóink a harmadik évben találkoznak először az automatizált generalizálással. Ekkor megismerik, az egyik legfontosabb vonalegyszerűsítési algoritmust (Douglas–Peucker). Mesterszakon a Kartográfiai szoftverek című tantárgy keretében megismerkednek a QGIS és az ArcGIS-ben használható lehetőségekkel.

Ezen kívül az őszi félévekben indítottam egy angol nyelvű kurzust, amelyet az Erasmus-programban, vagy más angol nyelvű képzések keretében érkező hallgatók vehetnek fel (Automations in cartographic generalization). Mivel többnyire földrajz, földmérő vagy informatika szakokról érkeznek a hallgatók, a generalizálás és az automatizált generalizálás elméletének és gyakorlatának megismerése mellett a térképkészítés alapjaival is foglalkoztunk különös tekintettel a szoftverekben található adatmegjelenési funkciókra, amelyekkel egyes munkafolyamatok automatizálhatók, pl. diagramkészítés, hipszometria és domborzatárnyékolás készítése.

Az eddigi visszajelzések pozitívak: a Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszéken témavezetésemmel már több alap- és mesterszakos dolgozat is készült, illetve készül jelen szemeszterben is az automatizált generalizálás témakörében. Kocsis Viktória és Balogh Dániel a BSc-s diplomamunkájuk keretében a QGIS és ArcGIS-ben vizsgálták meg az egyes algoritmusokat egy-egy térképi elemtípus, pl. a vízrajz és a határrajz példáján (BALOGH 2015, KOC SIS 2015). Dolgozatukban jellemezték az egyes eszközöket és algoritmusokat, majd megvizsgálták, hogyan és milyen hatékonysággal használhatók a gyakorlatban.

### **Összefoglalás**

A térképészet és térinformatika is továbbra is dinamikusan fejlődik, ezeket az új eredményeket építettük be a térképészképzésbe. Az automatizált generalizálás elméleti bevezetése, a vonalegyszerűsítés és a simítás, valamint az egyéb elméleti ismeretek és szoftverek megértésével az emberi munka csökkenthető. Ugyanakkor úgy kell eljárni, hogy az eredmény a leginkább hasonlítson ahhoz, mintha a generalizálást a hagyományos módon végezték volna el. A jövőben várhatóan egyre több generalizálási lépés lesz automatizálva a szoftverekben. Nekünk oktatóknak azt kell hangsúlyoznunk, és továbbadnunk, hogy a hallgatók kritikus szemlélettel



használják ezeket az eszközöket. Fel kell tudni ismerniük, hogy melyik algoritmus, milyen térképi elemtípuson, milyen méretarány-tartományokban és milyen jellegű területen használható jól. Ennek eszköze sok esetben a kísérletezés megfelelő elméleti ismeretekkel.

## Felhasznált irodalom

- AGÁRDI–UNGVÁRI–ZENTAI (2013): Domborzatmodellből nyert szintvonalak automatizált generalizálása. In (szerk Lóki): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV. Térinformatikai konferencia és szakkiállítás, Debreceni egyetemi kiadó, Debrecen, 2013, pp. 37–44.
- ANCSIN (2016): Poligonok topológia-megőrző generalizálása. Diplomamunka, ELTE IK programtervező informatikus MSc, Budapest, 2016. <https://github.com/attilaancsin/PolygonSimplifier>
- ARCGIS DOCUMENTATION (2016): <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/cartography-toolbox/an-overview-of-the-generalization-toolset.htm>
- AXPAND (2016): <http://www.axessystems.com/>
- BALOGH (2015): A térképi generalizálás automatizálása a vízrajz példáján. Szakdolgozat, ELTE TTK földtudományi BSc, Budapest, 2015
- DOUGLAS–PEUCKER (1973): Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. In: The Canadian Cartographer 10(2), 1973, pp. 112–122.
- FME DESKTOP (2016): <http://www.safe.com/fme/fme-desktop/>
- GDAL (2016): Python OGR dokumentáció: [HTTP://GDAL.ORG/PYTHON/](http://gdal.org/python/)
- GRASSGIS (2016): v.Generalize dokumentáció: <https://grass.osgeo.org/grass64/manuals/v.generalize.html>
- KLINGHAMMER–PAPP-VÁRY (1983): Földünk tükre a térkép. Gondolat Kiadó, Budapest, 1983. Generalizálás: pp. 184–210.
- KLINGHAMMER I. (2010): Faragó Imre–Gercsák Gábor–Horváth Ildikó–Klinghammer István (szerk.)–Kovács Béla–Pápay Gyula–Szekerka József: Térképészet és geoinformatika I. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2010, pp. 171–183.
- KOCSIS (2015): A térképi generalizálás automatizálásának bemutatása a partvonalak és az országhatárok példáján keresztül. Szakdolgozat, ELTE TTK földtudományi BSc, Budapest, 2015
- LI (2007): Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton USA, 2007, pp. 1–25, 57–72, 91–180.
- NCGIA CORE CURRICULUM (1994): NCGIA Core Curriculum Térinformatikai alapismeretek. M.F. Goodchild–K.K. Kemp(eredeti szerk.), Márton Mátyás–Paksi Judit–Márkus Béla (magyarul szerk.): 48. fejezet Vonalgeneralizálás. Erdészeti és Faipari Egyetem, Földmérési és Földrendezési Főiskolai Kar, Térinformatikai Tanszék, Székesfehérvár, 1994, pp. (48-1)–(48-10)
- OCAD (2016): [http://www.ocad.com/downloads/ocad12/misc/OCAD\\_12\\_Offline\\_Wiki.pdf](http://www.ocad.com/downloads/ocad12/misc/OCAD_12_Offline_Wiki.pdf)
- RAMER (1972). Urs Ramer: An iterative procedure for the polygonal approximation of plane

curves. In: Computer Graphics and Image Processing. 1(3), 1972, pp. 244–256.

QGIS 2.12. (2016): <http://www.qgis.org/hu/docs/index.html>

SLOCUM (2005): T. A. Slocum–R. B. McMaster–F. C. Kessler–H. H. Howard: Thematic Cartography and geographic visualization. Pearson Prentice Hall, USA, 2005. Chapter 6. Scale and generalization 103–120. oldal és Chapter 15. Symbolizing Topography, pp. 292–309.

Honlapok utolsó felkeresése: 2016.03.05.

# Kataszteri térképek adatminősége és feldolgozási lehetőségei a térinformatikai adatbázisban

Utasi Zoltán

főiskolai docens, Eszterházy Károly Főiskola, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
utazo74@gmail.com

**Abstract:** The cadastral maps obtained from an official form of very limited resources. Because of thematic and topographical inaccuracies improve deficiencies and processing of data from other sources is required. Article major issues, the nodes of geographic information database construction based on it looks at.

## Bevezetés

A kataszteri térképek a térinformatikai alkalmazások számos területén használatosak, ugyanakkor más adatokhoz képest beszerzési, előállítási lehetőségeik meglehetősen korlátozottak. Például a domborzat vagy a felszínborítottság meghatározására több lehetőség is nyílik: hagyományos térképek digitalizált formátumai vagy közvetlen felmérések (földfelszíni geodézia, távérzékelési módszerek) egyaránt elérhetők. Ezzel szemben a földrészletek és épületek határvonalai jogi nyilvántartáson alapulnak, s olyan információkat tartalmaznak, melyeket egyszerű terepi felméréssel nem lehet beszerezni. Fontos szempont a közhitelesség: a hivatalos nyilvántartások jogi erővel bírnak, így ezektől nem lehet elérni. Ugyanakkor a közhiteles adatbázisok számos esetben nem a valóságot tükrözik (leggyakrabban a valóság időközben történt megváltozás, ritkábban szimpla adatbeviteli hiba miatt). Kényes az egyensúly a valóság és a közhitelesség között!

A kataszteri tartalmakat – is – tartalmazó adatállományok sajnos nem egységes elvek szerint épülnek fel, hanem egymástól többé-kevésbé független rendszerek. Egyszerűbb esetben ez „csak” osztályozásbeli, nevezéktani különbségeket jelent (például a topográfiai térképek épületkategorizálása, s az erre épülő kódrendszere eltér a kataszteritől), más esetekben még a határvonalak sem egyeznek (például a polgári és az erdészeti földkataszterekben) (UTASI Z. 2014).

Több projekt résztvevőjeként a szerző a különböző források adatszerkezetének egységesítése irányába tett lépéseket, különös tekintettel a gyakorlati felhasználás és az áttekinthetőség kérdésére, s ezen publikáció keretein belül a feldolgozás fontosabb csomópontjait és kérdéseit vázolja fel.

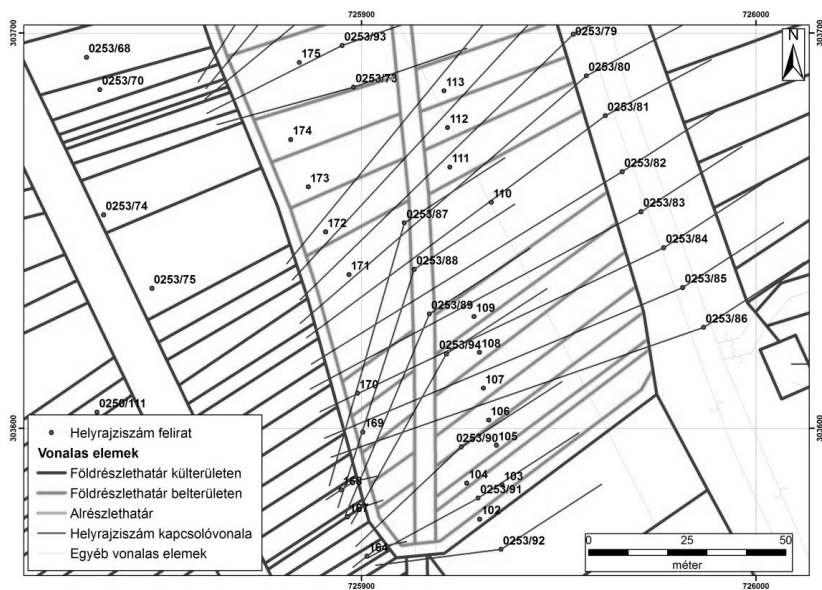
## Az adatok forrása és megbízhatósága

Magyarország településeinek digitális (vektoros) kataszteri térképeit teljes területi lefedettségben jelenleg kizárólag a Nemzeti Kataszteri Program Kiemelten Közhasznú Nonprofit Kft. (továbbiakban: NKP) forgalmazza, erősen korlátozott felhasználási jogokkal; az aktuális állapotnak megfelelően, de a frissítési lehetőség kizárásával. Ugyanakkor számos esetben szükséges lenne a bekövetkezett változások (földrészletek határvonalának megváltozása, épületállomány átalakulása) nyomon követése, melyeket jelenleg csak hosszadalmas földhivatali procedúrával lehet elérni, de ekkor sem térképes formában. A hivatalos dat, illetve ennek hiteles változataként szintén rendelkezésre bocsájtott CAD (dxf) formátum nem valódi térinformatikai állomány: csak vonalakat, pontokat és feliratokat tartalmaz, felületeket nem. Márpedig az adatok döntő része a terület típusú elemekre vonatkozik. Hiányoznak egyes, a területhasználat szempontjából fontos tartalmi elemek, (például útburkolat, járdaszegély határvonala az adott földrészleten belül). Az adatok fekvés és település szerinti bontásban (belterület, külterület, zártkert) kerültek előállításra, így határukon a felületek generálása után hézagok és átfedések jelentkeznek, melyek lényegében csak manuálisan javíthatók. Az eddigi tapasztalatok alapján az összes terület 5-10%-a ebből a hibából adódik, így megszüntetendő! Mindezen problémák miatt indokolt más források bevonása, az ezekből kinyerhető adatokkal történő tartalomjavítás és bővítés.

A régebbi kataszteri térképek alkalmazása több előnnyel is jár. Egyrészt a régebbi állapotok csak ennek segítségével vihetők fel, másrészt az aktuális tartalmak sok esetben csak ilyen módon fellelhetők. Ezeknél különösen nagy problémát jelent az egységes rendszer hiánya: ugyanaz a tartalom már néven, más rétegekben fordul elő a különböző forrásoknál, ezek dokumentációja is számos esetben hiányos, értelmezésük számos esetben településenként eltérő, feldolgozásuk így sok tapasztalatot igényel. Minőségük sokszor a digitális másolat szintjén van, így a feldolgozásuk első lépésenként ezeket szükséges javítani – már amennyiben lehetséges. Az *1. ábrán* látható, hogy az eredeti papírtérképen a földrészletek helyrajzi számai a kis parcellákba nem fértek el, így megírásukra azon kívül került sor, a helyrajzi számok rétegében elhelyezkedő vonalakkal kapcsolva a hivatkozott részletekhez – sokszor szinte áttekinthetetlenül. Egyes esetekben még ezek a vonalak is hiányoznak, így a pontos kapcsolás szinte megoldhatatlan.

Tartalmazhat a hivatalos állományokból hiányzó elemeket, például a burkolatszegélyeket. Problémát jelent a zártkertek kezelése, mely a magyar földnyilvántartás egyik sajátos eleme: a külterület egyes részeit sorolták ebbe a kategóriába a szocialista időszakban. A rendszerváltást követően, mint jogi kategória megszűnt, beolvadt a külterületbe, a nyilvántartása azonban felemásan lett megoldva: vagy máig külön szerepelnek (a belterület és a külterület mellett), vagy egyszerűen hiányoznak.

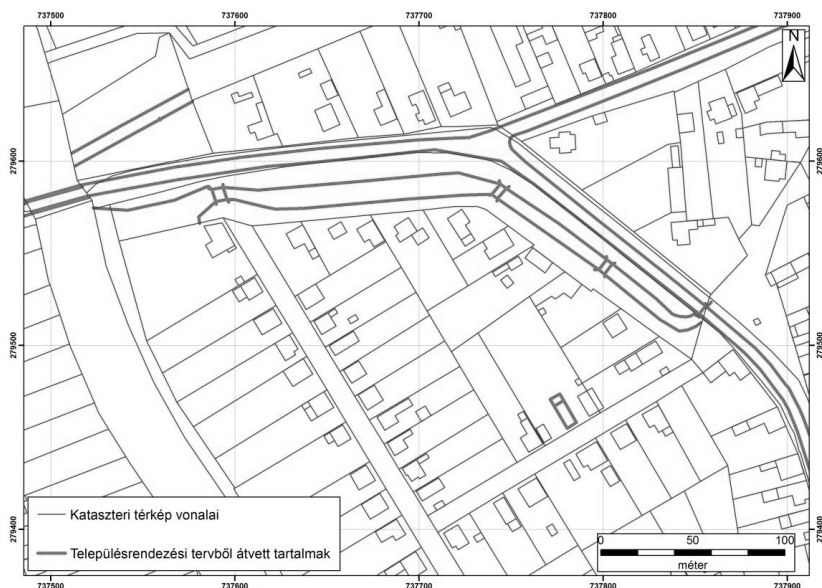
A településrendezési tervek kataszteri és topográfiai elemekre épülő, jelentős hozzáadott-értékkel rendelkező adatforrások, melyek tartalmilag jelentősen



1. ábra Kataszteri térkép geodatabase formátumba importált változata

túlhaladják az alaptérképet: megfelelő topográfiai pontosság esetén egyes elemei átvehetők. A 2. ábra vékony vonalai a hivatalos kataszteri állományból származnak, míg vastag vonallal a településrendezésből átvehető elemek láthatók (jelen példánál útburkolat, árok határvonala, épületek).

Kisebb, korlátozott kiterjedésű területről a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) is szolgáltathat kataszteri térképeket, de teljes területi lefedettséget



2. ábra Településrendezési terv alapján kiegészített térkép

nem adhatnak. Ugyanakkor az egész országra elérhető, shape formátumú topográfiai térképek is tartalmazzák az épületeket, de nem kataszteri pontossággal és rendszerrel: ez utóbbi alatt értendő, hogy az összeépült és azonos típusú, de jogilag különálló épületeket egy tömbben jeleníti meg – azaz lényegében egy házsor egyenlő egy felületi elemmel. Néhány adata (például a szintszám-kategória) viszont átvehető.

A közműhálózat-térképek a kataszteri nyilvántartás speciális ágát jelentik: ezekben a műszaki szemlélet dominál, de azt adatstruktúra tekintetében a digitális másolat szintjén állnak. Integrálásuk viszont elérendő cél.

A felsoroltakon kívül még számos elem integrálható ezen rendszerbe: védett területek, dűlőkataszter, energetikai jellemzők, termőhely-minősítés, stb.. A feldolgozottság magasabb szintjén ezekben az esetekben az jelenti, hogy például egy védett terület nem egy egységes, tömör felületként jelenik meg, hanem konkrét helyrajzszámokra lebontva adható meg: a törvényekben is ezek szerepelnek. Márpedig ha a nyilvántartás hibás, akkor a területen belül – védetség szempontjából – „lyukak” keletkeznek, mint az sajnos sokszor előfordul!

## **A kataszteri adatok feldolgozása**

Mint látható, a rendelkezésre álló adatok nem megfelelő szerkezetűek, ezért első lépésben ezek konverzióját el kell végezni. A teljes, CAD-es (eredeti vagy datból konvertált dxf) formátumú állomány exportálása az ArcGIS szoftver geoadatbázis (File Geodatabase) formátumába, objektumtípusonként és eredeti (fekvés szerinti) fájlonként önálló rétegekbe (Feature Class) történt. Az eredeti fájlokból levezethető néhány adat (településnév, fekvés) hozzárendelése után projektenként (azaz több települést átfogóan) egységes vonalas, illetve felirat (annotáció) állományba egyesítettük ezeket. Mivel a – későbbi – attribútum-hozzárendelés az annotációkon alapul, ezért következő lépésként ezeket tematika szerinti önálló rétegekké bontottuk. A felületek generálása a vonalas állományból – több lépésben – az eredeti rétegek alapján történt, melyet az annotációk alapján történő elsődleges attribútumozásuk követett. Az elsődleges attribútumok a felületek azon adatai, amelyek - a feliratok elhelyezkedése alapján – közvetlenül rájuk vonatkoznak (lényegében tartalmazzák az annotációt). A földrészletek adatai: helyrajzi szám (alrészlet betűjelzés szintig), régi helyrajzi szám, közterület neve, közterület alternatív elnevezései (régábbi utcanévek), földhasználat (művelési ág és minőségi osztály), objektumtípus (DITAB kód alapján), fekvés (belterület, külterület, zártkert), település, forrás (eredeti vagy egyéb forrásból), földrajzi név (elsősorban a hidrológiai elemeknél). Az épületek esetén az építménytípus, középülettípus, funkció, intézménynév, házszám, fekvés, település. A különálló rétegek ezt követően két állományba – földrészletek, illetve épületek – lettek összevonva annak alapján, hogy feddhetik-e egymást.

A feldolgozás során a több vezérelveket követtünk. Legfontosabb, hogy az adatbázis közhitelessége ne sérüljön. Ennek alapvető feltétele, hogy egy adott földrészlet vagy épület az aktuális állapotnak megfelelő azonosítókat és határvonalakat



(helyrajzi szám, házszám) tartalmazza. Ennek értelmében az eredeti határvonalak áthelyezése, törlése kerülendő.

Másrészt az elsődleges attribútumokon túl tartalmazza a lehető legtöbb másodlagos attribútumot. Másodlagos attribútumoknak nevezzük azon adatokat, melyeket a térben valamely módon kapcsolódó (lefedő, szomszédos, legközelebbi, stb.), vele tartalmi összefüggésben lévő elemek alapján hozzárendelhető, vagy más forrásból csatolható. Például azon földrészletekhez, melyek tartalmaznak építményt, a házszám és utcanév kapcsolható, az épületekhez utcanév (legközelebbi szomszéd elve alapján), helyrajzi szám.

Harmadrészt tartalmazza a változásokat is. Földrészletek esetében, amennyiben megváltozik annak kiterjedése, helyrajzi száma, földhasználat, stb., úgy az aktuális állapotú részek külön adatoszlopban tartalmazzák az előző jellemzőket. Felosztás esetén a felületek aktuális kiterjedésüknek megfelelően szerepelnek, de tartalmazzák az előző helyrajzi számukat is. Földrészletek összevonása esetén több elemként szerepel ugyan az aktuális földrészlet (részletenként tartalmazza a régi azonosítót), de szükség estén egy egyszerű összevonási művelettel az azonos helyrajzi számú parcellák egy felületté alakíthatók. Mivel az összevonással a régi azonosítók elvesznek, ezért a változásokat mindig az eredeti, azaz a régebbi állapotokat is számon tartó adatbázisban kell elvégezni.

## **Az integrált adatbázis célja és szerkezete**

### ***Az alapadatbázis adatbeviteli hibáinak javítása***

Az alaptérképek – szinte forrástól függetlenül – számos, alapvetően az adatbevitel során fellépő hibát tartalmaznak (eltekintve most a digitális másolat jellegből adódó hibáktól). Gyakori, hogy az attribútumozás alapjául szolgáló feliratok a jelzett objektum (földrészlet vagy épület) határvonalain kívül esnek – praktikusabb még a feldolgozás kezdeti fázisában ezek helyes pozícióba történő áthelyezése. A cél az összes ilyen hiba kiküszöbölése.

### ***Nevezéktani egységesítés***

A különböző források ugyanarra a tartalomra más néven hivatkoznak. Például a földrészletek határvonalát tartalmazó réteg neve (az eddigi mintaadatok alapján – mely változhat): *Földrészlet\_határ*, *Digitalizált földrészlethatár*, *Földrészlet határ*, *ITR-10-FÖLDRÉSZLET*, *ITR-10-FRL\_HATAR*, *ITR-10-FRL\_HATÁR*, *100054-58-A\_HT\_FRSZ*, *GR-10*. Egyszerűbb esetben a különböző elnevezések megfeleltethetők egymásnak, máskor csak részben van átfedés. Az általunk alkalmazott nomenklatúra az NKP beosztásán alapul, de kiegészítve és továbbfejlesztve azt. Az eredeti kereteken belül maradást szolgálja az altípusok bevezetése: például az „Egyéb épülettartozék” kategória tovább bontásra került ”lépcső”, „terasz”, „rámpa”, stb. alkategóriákra. Túlmutat ezen munka lehetőségein a kódrendszer egységesítése: a DITAB szabvány



például elvileg ezt a célt szolgálja, de sajnos gyakori, hogy ugyanaz a kód más rétegben mást jelent. (Például az „AL015” kód a CA rétegben középületet, a CB rétegben ipari és kereskedelmi épületet jelöl.)

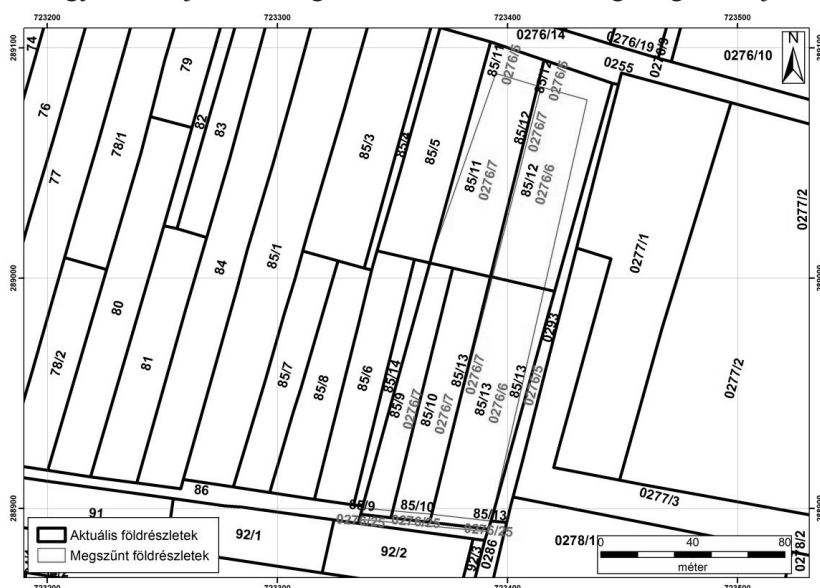
### ***Aktuális és régebbi állapot kezelése***

A régebbi állapot tárolása a földrészletek, illetve az épületek esetében más módszerrel történik. Földrészleteknél – a már ismertetett módon – megtartásra kerülnek a régi határvonalak, ennek megfelelően a felületek száma több az aktuális állapotnál, de ezek a helyrajzi szám alapján egy egyszerű művelettel összevonhatók (3. ábra).

Az épületek esetén az előző eljárás nem követhető: mivel ha egy új épület egy régi helyén épül fel, akkor felületeik átfednék egymást, szinte használhatatlanná téve az eredeti adatbázist. Így a lebontott épületek egy önálló rétegbe kerülnek áthelyezésre, az aktuális adatbázisból pedig törölendők.

### ***Földhasználat egységes szemléletű kezelése***

Minden kataszteri térkép univerzális problémája a művelési ág és a minőségi osztály következtelen használata. A két fogalom közötti alapvető különbség, hogy a *művelési ág* a földhasznosítás alapvető növénykultúráját adja meg 9+1 kategóriában (erdő, fásított terület, rét, legelő, szántó, szőlő, kert, gyümölcsös, nádas + művelés alól kivett), a *minőségi osztály* pedig a termőföld értékét (a növekvő érték jelzi a gyengébb termőképességet). A művelés alól kivett területek konkrét földhasznosítása (pl. anyaggödör, lakóház és udvar, út, stb.) pedig vagy egyik, vagy másik kategóriában, esetleg sehogyan sem jelenik meg. A DITAB kódok elvileg megoldást jelentenének



3. ábra Megszűnt földrészletek nyilvántartása

erre a problémára, de ezek használata sem egyértelmű. Ezek miatt fordulhat elő, hogy esetenként több száz művelési ág jön létre az elsődleges (javítás nélküli) feldolgozás során. Ezek egy része ugyan helyesírási hibából származik, de döntő többsége a nem megfelelő kategorizálásból – ez a mennyiség már nem áttekinthető és értelmezhető.

A szerző által javasolt eljárásban a művelési ág és minőségi osztály kezelése a következő rendszer szerint, két lépcsőben történik.

Az első lépésben a *Művelési ág* adatoszlopában csak a valóban művelés alatt álló kategóriák maradnak (erdő, fásított terület, rét, legelő, szántó, szőlő, kert, gyümölcsös, nádas), minden egyéb „művelés alól kivett” besorolást kap. A *Minőségi osztály* adatoszlopban csak az előzőekben felsorolt művelési módok osztályozása szerepel. A művelés alól kivett területek valódi használata egy külön rovatba (*Művelési ág altípus*) kerül.

Második lépésben történik a művelés alól kivett területek kategorizálása, mely eredménye egy új, Földhasználat nevű adatoszlopba kerül. Ennek során funkció szerint kerülnek összevonásra az egyes típusok. Az ismertetett rendszerezés előnye, hogy egyrészt megtartja a hivatalos kategorizálást (mely jogi jelentőségét nem kell bővebben taglalni), másrészt egy új osztályozással a valóságot jobban visszaadó és áttekinthetőbb rendszer keletkezik.

## Felhasznált irodalom

- DAT 1. SZABÁLYZAT (1996): Digitális alaptérképek tervezése, előállítás, felújítása, adatsere-formátuma, dokumentálása, ellenőrzése, minőségellenőrzése, hitelesítése és állami átvétele. Budapest, FM FTF
- DAT 1. SZABÁLYZAT (1996): A földmérési alaptérképek digitális átalakításáról és minőségellenőrzéséről. Budapest, FM FTF
- ESRI: <http://www.esri.com/> (2014.09.15.)
- FÖMI: DTA10 V3 Objektum-attribútum katalógus és adatfeltöltési utasítás (Verzió: 20100701)
- UTASI Z. (2011): Térinformatikai alkalmazások. TÁMOP 4.1.2-08/1/a-2009-0038 projekt, e-tananyag. p. 153
- UTASI Z. (2014): Az Eger – Energiarégió Projekt térinformatikai vonatkozásai. In: VII. Magyar Földrajzi Konferencia Kiadványa, Miskolc; pp. 579–587.; ISBN 978-963-358-063-9 (elektronikus kiadvány) ([http://www.uni-miskolc.hu/~foldrajz/Foldrajzikonferencia/VII\\_Magyar\\_Foldrajzi\\_Konferencia\\_Kotet.pdf](http://www.uni-miskolc.hu/~foldrajz/Foldrajzikonferencia/VII_Magyar_Foldrajzi_Konferencia_Kotet.pdf))
- VARGA J. (2005): A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig ([http://www.agt.bme.hu/staff\\_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm#Gauss-Kruger](http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm#Gauss-Kruger) (2014.09.15.))



# A Debreceni Egyetem Műszaki Karának térinformatikai modellje

Vámosi Attila<sup>1</sup> – Kulcsár Balázs<sup>2</sup> – Kiss Bacsó László<sup>3</sup>

<sup>1</sup> tanársegéd, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, [vamosi.attila@eng.unideb.hu](mailto:vamosi.attila@eng.unideb.hu)

<sup>2</sup> egyetemi docens, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, [kulcsarb@eng.unideb.hu](mailto:kulcsarb@eng.unideb.hu)

<sup>3</sup> tanszéki mérnök, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, [lbacso@eng.unideb.hu](mailto:lbacso@eng.unideb.hu)

**Abstract:** Most of the GIS programs use two-dimensional maps when displaying the location of objects. GIS model of the University of Debrecen, Faculty of Engineering shows the campus buildings and the position of the facilities inside the building in three-dimensional projection view. We did not find such software in commonly used GIS programs, which can easily implement the representation of 3D objects, so we started developing our own GIS software. In this paper we present the problems encountered during this development process and their solutions.

## Bevezetés

A térinformatikai programok túlnyomó többsége kétdimenziós térképeket, helyszínrajzokat használ az objektumok helyének ábrázolásakor. A Debreceni Egyetem Műszaki Karának térinformatikai modellje készítésekor elvárásként felmerült, hogy a campus épületeinek és az épületen belüli helyiségek helyzetének ábrázolása szemléletesebb, háromdimenziós vetületi nézetben történjen. Az általánosan használt térinformatikai programok között nem találtunk olyat, melyben 3D objektumok ábrázolása ilyen módon egyszerűen megvalósítható lenne, így saját térinformatikai szoftver fejlesztésébe kezdtünk. Jelen cikk ezen fejlesztési folyamat során felmerült problémákat és megoldásait mutatja be.

## Izometrikus axonometria

Ahhoz, hogy a háromdimenziós tárgyakat két dimenzióban ábrázolni tudjuk, egy axonometrikus vetítést kell alkalmaznunk. Ezek közül mi az izometrikus axonometriát választottuk (*1. ábra*).

A háromdimenziós térbeli alakzat egy pontjának koordinátájából ( $x$ ,  $y$  helykoordináta és  $z$  magasság) három lépésben kaphatjuk meg a monitoron megjelenítendő képpont ( $u_m, v_m$ ) koordinátáit (SZILASSI L. 2011):

- 1. lépés: az izometrikus vetítésből származó koordináták meghatározása.

$$P(x, y, z) \rightarrow P_i(x_i, y_i, z_i)$$

- 2. lépés: a kétdimenziós rendszerbeli koordináták meghatározása.

$$P_i(x_i, y_i, z_i) \rightarrow P_2(u, v)$$

- 3. lépés: az u tengelyre tükrözés (a monitor miatt).

$$P_2(u, v) \rightarrow P_m(u_m, v_m)$$

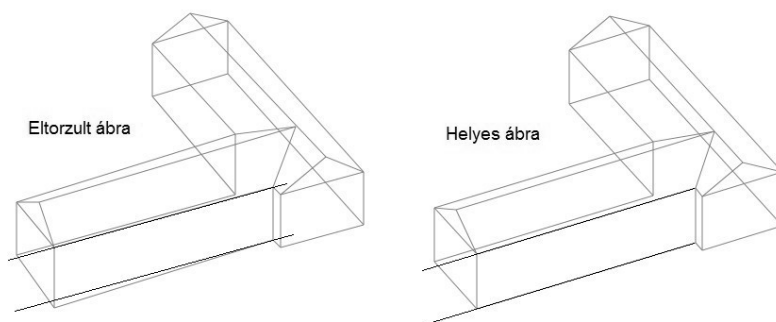
## Felmerült problémák

Az egyik probléma, melyet ekkor tapasztaltunk az arányokból adódott. Mekkora legyen 1 pixel? Kezdetben 1 méter = 1 pixel arányt állítottunk be, de hamar kiderült, hogy ez túl kis képet eredményezne, ezért az arányt négyszeresére növeltük (1 méter = 4 pixel). Utóbb kiderült, hogy a kisebb helyiségek ábrázolásakor még ez is kevés, így kétszeres és négyszeres nagyítási lehetőséget is beépítettünk, így az 1 méter = 16 pixel arányt is el lehetett érni. Ennél a méretaránynál viszont egyes helyeken jelentős torzulás következett be (2. ábra). Az egyébként párhuzamos vonalak – melyet az axonometria elvileg megtart (PAPP I. 2013) – összetartók lettek, azaz a paralelogrammák helyett trapézok jelentek meg az ábrán.

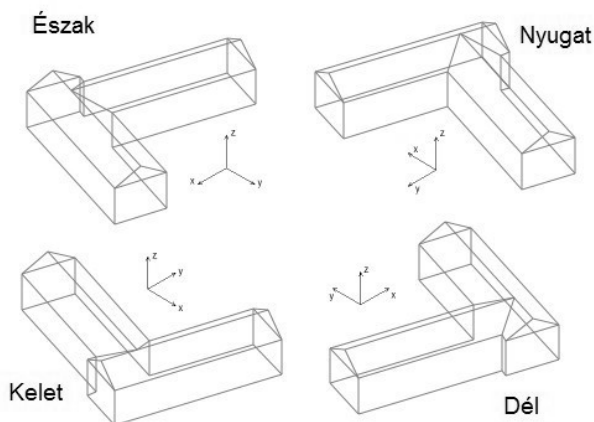
A hiba oka a kerekítésből adódott. Mivel az épületek méretei nem egész méterben, hanem cm pontossággal adódtak, de a monitor pixelei pedig csak egész értékek lehetnek, így a második lépés során kerekíteni kellett. Ez a gyakorlatban azt jelentette, hogy  $\pm 1$  pixel eltérés lehetett az alapadatoktól függően. Ez még nem lett volna probléma, de a nagyításokkal ezt a hibát is tizenhatszorosára növeltük, ami már szemmel látható eltérést eredményezett.

A megoldás során több szempontot is figyelembe vettünk, így sikerült a hibát kiküszöbölni. Megfordítottuk a gondolkodást és nem nagyítjuk a képet, hanem eleve a nagy méretet számoljuk ki, és ha szükséges kicsinyítjük a nézetet. Ezáltal a hiba mértéke is csökkeni fog. A szükséges kerekítést nem tudjuk megkerülni, de annak a hibára gyakorolt hatása csökkenthető, ha a kerekítést nem a kerekítési szabályoknak megfelelően, hanem például mindig lefelé kerekítve használjuk.

Az izometrikus axonometria egyik hátránya, hogy az egymás mögötti élek egybeeshetnek, így nehezebb lehet az éleket felismerni. Ezt a problémát a nézet, azaz a koordináta-rendszer elforgathatóságával oldottuk meg (3. ábra). Négy irányt definiáltunk – az égtájak szerint – és az axonometria koordináta-rendszerét ennek megfelelően forgatva számítjuk ki a vetített pontok helyét. Így egy problémás él



2. ábra Eltorzult és helyes párhuzamos élek



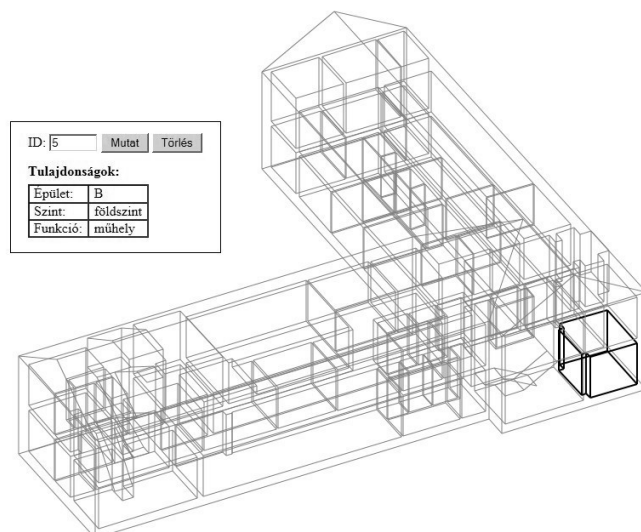
3. ábra Eltorzult és helyes párhuzamos élek

esetén a nézet forgatásával körbejárható az épület és más nézetekben megszűnik a takarás, ezáltal a helyiségről jól érthető képet kapunk.

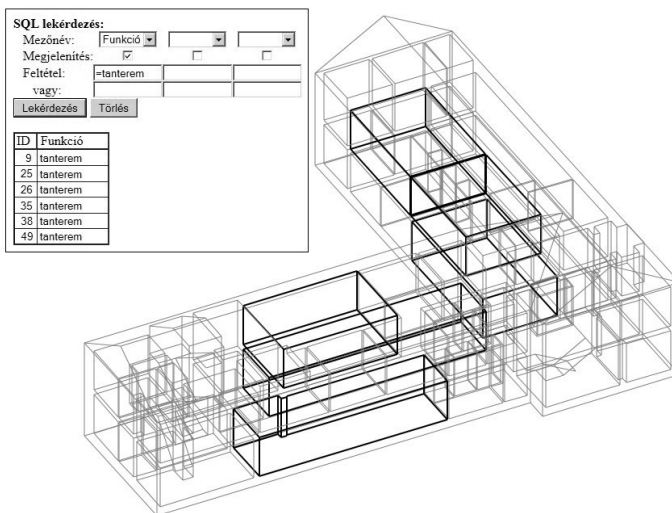
## Helyiségazonosítás, SQL lekérdezés

Az egyes helyiségeket ID azonosítóval láttuk el. Egy ID megadásával a helyiség egy kiemelt színnel ábrázolva megjeleníthető az épületen belül és a hozzá tartozó tulajdonságok pedig táblázatos formában listázhatók.

Az ábra jobb és könnyebb érthetősége érdekében az objektumokat rétegeken helyeztük el és a rétegek külön-külön kapcsolhatóak, így szintén elkerülhető az



4. ábra Tulajdonságok lekérdezése



5. ábra SQL lekérdezés eredménye

esetlegesen egymást fedő élek zavaró hatása.

A kapcsolt adatbázist SQL alapokon készítettük el és azon szerkeszthető SQL utasítások megadásával lekérdezések készíthetők, melynek eredményét szintén grafikusán – kiemelt színnel ábrázolva – és táblázatos formában is megjeleníti a program.

## Felhasználás, távlati tervek

Az eddig felmerült főbb felhasználási igények:

- Vagyonkezelés, helyiséggazdálkodás támogatása.
- Leltárkészlet, eszköznyilvántartás támogatása.
- Épületgépészet javítási és karbantartási feladatok támogatása.

A szoftver jelenleg még fejlesztés alatt áll. Funkcióit folyamatosan bővítjük az újabb igényeknek megfelelően. Célunk az, hogy egy olyan teljes körűen használható, komplex térinformatikai szoftvert készítsünk, mely a klasszikus térinformatikai elemeken túlmenően speciális igények kielégítésére is alkalmas legyen.

## Felhasznált irodalom

PAPP I. (2013): Axonometria és perspektíva, Debreceni Egyetem Műszaki Kar,  
<http://demkabrggeom.uw.hu/abrggeomx/12eax.pdf>

SZILASSI L. (2011): 3D papíron és képernyőn: Három dimenziós alakzatok képi megjelenítése,  
 Szegedi Tudományegyetem,  
<http://www.model.u-szeged.hu/data/etc/edoc/tan/L.Szilassi/L.Szilassi.pdf>

WIKIPEDIA (2015): Axonometria, <https://hu.wikipedia.org/wiki/Axonometria>



# Medium resolution satellite data based estimation of phenology and productivity parameters for drought monitoring

Boudewijn van Leeuwen<sup>1</sup> – Zsuzsanna Ládanyi<sup>2</sup>– Dániel Bátori<sup>3</sup>

<sup>1</sup>assistant professor, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai tanszék,  
leeuwen@geo.u-szeged.hu

<sup>2</sup> assistant professor, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai tanszék, zsuzsi@geo.u-szeged.hu

<sup>3</sup> geography Student, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai tanszék,  
daniel.batori11@gmail.com

**Abstract:** Climate models predict an increasing susceptibility of the Carpathian Basin to drought. Drought can cause large financial and environmental losses and, therefore, it is important to mitigate its consequences. The phenology phases of vegetation are strongly influenced by drought. This research describes a workflow to estimate phenology and productivity parameters based on medium resolution satellite data. First, the appropriate methods for filtering of vegetation data and generalization of the phenology curves are determined, then different types of vegetation are assessed and the relationship between the parameters and drought is evaluated.

## Introduction

Drought is a normal reoccurring feature of climate in most parts of the world. It has a negative effect on vegetation conditions and can have significant impact on human health, ecosystems, water resources, agriculture, food security and the economy (WARDLOW ET AL. 2012). Climate models predict a stable or slightly decreasing amount of precipitation for the Carpathian basin for the end of the century, but this precipitation will more and more fall during extreme events, resulting in longer periods of dry weather during other parts of the year (BARTHOLY ET AL. 2011; LAKATOS ET AL. 2014). Climate models also forecast a severe rise in average yearly temperature. The combination of these trends will result in a larger susceptibility of the Carpathian Basin to drought (LADÁNYI ET AL. 2011; RAKONCZAI 2011; CSORBA ET AL. 2012).

Droughts are induced by climate variability and propagate through the hydrological cycle. Many different types of drought can be identified: meteorological, agricultural, hydrological and socioeconomic droughts. Agricultural drought refers to circumstances when soil moisture is insufficient and results in reduced crop growth and production. To measure the impact of agricultural drought, it is important to study the development of vegetation (phenology, water content and productivity). An increasing number of studies show that remotely sensed land surface phenology and productivity parameters provide essential data to study the impact of climate change on vegetation (ZHANG 2003; HARGROVE ET AL. 2009; IVITS ET AL. 2012). Since the Carpathian Basin is strongly affected by an increasing number and frequency of

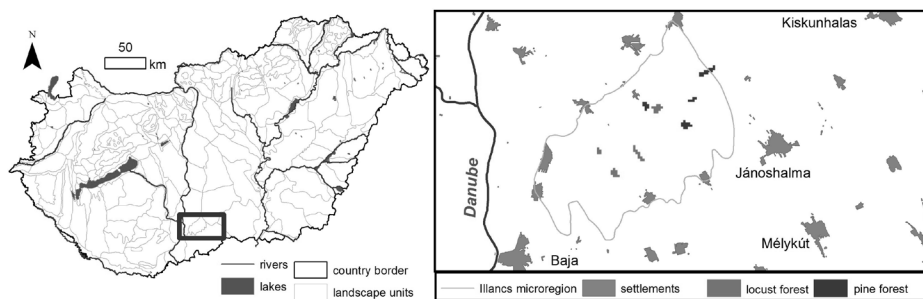
droughts (BLANKA ET AL. 2012; HRNJAK ET AL. 2009), continuous monitoring of vegetation, detection of anomalies and early warning for droughts is becoming more and more important. Earlier studies also show the relationship between phenology and climate for the region; however, detailed regional assessments are missing.

In this research, we developed and tested a workflow to calculate phenology and productivity parameters and assess vegetation productivity based on long term medium resolution data from the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) instrument. Our aim is to use these parameters as a proxy for drought measurement; therefore, we try to determine characteristic changes in the productivity parameter during periods of drought.

## Data and methods

The study area chosen for this research is the Illancs microregion located in the southwest part of the Danube–Tisza Interfluve (*Figure 1*). The surface is mainly covered by sand, but loess and their mixed varieties also occur in smaller extents. The area shows a severe decrease in groundwater table compared to the 1970s (LADÁNYI ET AL. 2010; RAKONCZAI 2011). Nowadays, planted forests are the dominant habitat-types (locust and pine trees), natural vegetation occurs fragmented in smaller extension (LADÁNYI ET AL. 2010).

The base data for this research consists of MODIS vegetation data from NASA's Terra satellite which collects data globally since 2000 on a daily basis. The data is processed by the USGS and can be downloaded free of charge. For our research, MOD13Q1 data products from 2000 till the current date were used. Among others, this product provides two spatial data layers and a data quality layer. The spatial layers are a normalized difference vegetation index (NDVI) and an enhanced vegetation index (EVI) data set. One of the aims of this research was to determine the difference between long term phenology curves based on NDVI data and EVI data. The narrow spectral bands of the MODIS sensor and are less sensitive to water absorption compared to earlier sensors, also atmospheric correction of the processed MODIS products is not required.



*Figure 1. Map of the Illancs microregion study area and the investigated forest plots*

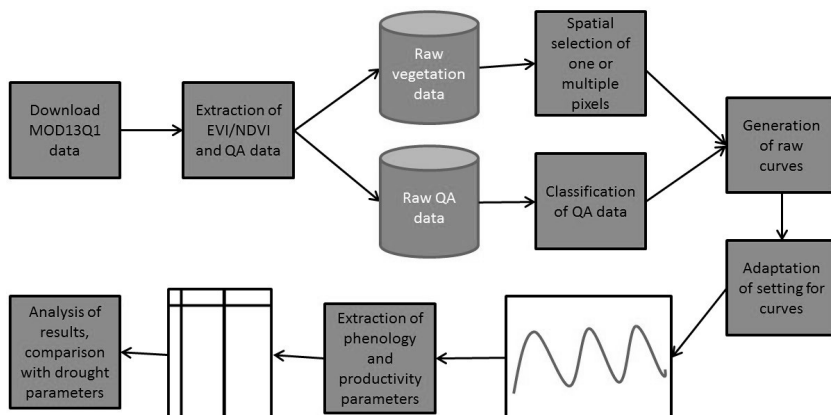


Figure 2. Workflow for the calculation and analysis of phenology and productivity parameters

A set of programs has been developed in Python to automatically download and preprocess the MODIS data. The phenology curves were processed using TIMESAT software (EKLUNDH – JÖNSSON 2015). The workflow is presented in Figure 2.

The MOD13Q1 product is a maximum value composite (MVC) product generated by combining daily data of maximum 16 days. Days without sufficient high quality data are omitted. The remaining days are evaluated pixel by pixel and the pixel with the highest VI value is stored in the final file. This reduces the influence of atmospheric disturbances. To be able to evaluate the difference on the phenology parameters, both the VI images and the quality layer were extracted from the raw data file. The quality layer was reclassified into three classes and each class was assigned a weight, ranging from a very low weight to maximum weight for the highest quality data. In total 23 images are available per year, and 16 years were processed, resulting in a stack of 368 images.

From the vegetation data set, a spatial selection was created containing one or more pixels. Based on the location of these pixels, the vegetation index values were extracted from every image of the time series, and then used to generate raw phenology curves of locust (Figure 3) and pine forests (Figure 4).

In Figure 3 and 4 both EVI and NDVI curves show the same seasonal behavior but it can be seen that the NDVI values are always higher, showing a much larger amplitude, and often has outliers with very low values. Pine trees have a much smaller amplitude compared to locust. Since these curves are based on the raw data, they are disturbed by many outliers.

To be able to derive phenology and production parameters from the raw curves, the data needed to be filtered and the trend had to be determined. For this purpose, TIMESAT software was used. This software allows for the selection of different methods to fit a mathematical model through the raw data, while ignoring outliers and weighting low quality data based on user specified settings. These parameters

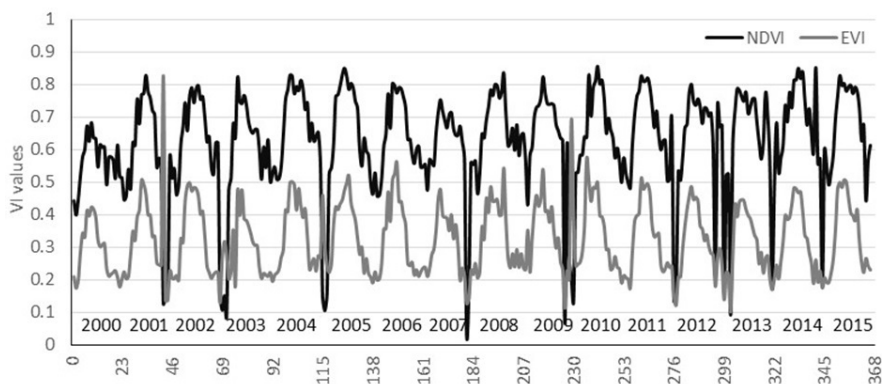


Figure 3. Curve of unprocessed EVI and NDVI data from forest areas of locust

are different for each type of land cover and sometimes also change in time. A main goal of this research was to determine the appropriate settings. Experiments were executed to determine the type and size of the filter to exclude outliers and to determine the method to calculate the start and end of the growing season. Once these settings were properly defined all other phenology and productivity parameters, like the start and end of the season, the seasonal amplitude and seasonal length, and the integrals showing the cumulative effect of the vegetation productivity during the season (S-integral) could be calculated.

After the determination of the phenology and productivity parameters, they were compared with parameters indicating drought. The relationship between the deviation of the annual productivity from the long term average productivity and the Pálfai drought index (PAI) was evaluated (Pálfai – Herceg 2011; Gulácsi – Kovács 2015). The PAI is a relative index indicating the severity of drought calculated based on the average temperature from April to August and a weighted precipitation index for the period October till August. Several correction factors are used to include meteorological extremes and groundwater level variations. The relationship was evaluated for two types of forests, namely pine forest and locust forest.

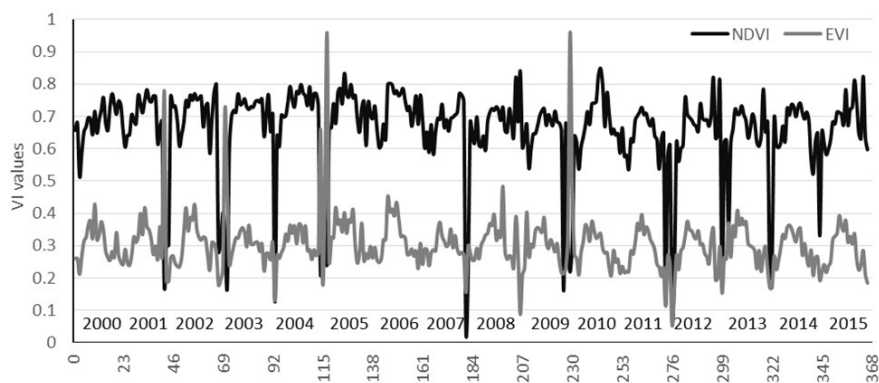


Figure 4. Curve of unprocessed EVI and NDVI data from an area with pine forest

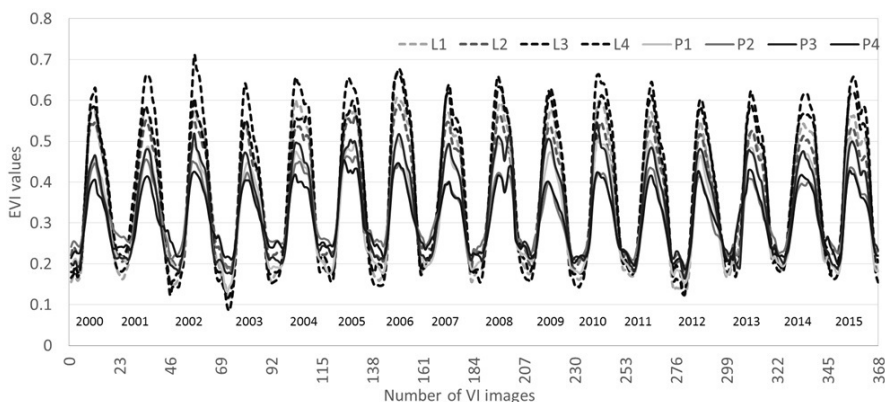


Figure 5. Processed curves of EVI data of forest areas of locust (L) and pine (P)

## Results and discussion

To remove spikes and outliers the seasonal trend decomposition method was used where the trend and seasonal behavior are decoupled from the remaining signal. This remaining signal is then removed from the data set. The Savitzky-Golay fitting method with a window size of three was then used to fit through the remaining points and gives the best phenology curves. The resulting phenology curves based on EVI data for several areas are given in *Figure 5*.

The signal is not disturbed anymore by outliers or spikes and shows a smooth seasonal behavior. As can be expected based on its leaf type, every curve of locust forests shows larger EVI values than of pines trees. Also, the amplitude of the locust curves is larger, proving its seasonal behavior. Through the years, the shapes of the curves vary considerably as a result of changing meteorological conditions.

Using the processed data curves, S-integral values were derived for each year, which reflects the annual green production of the trees. Their deviations from the long-term average (2000-2015) provide useful information on the behavior of the different forests under different climate conditions.

In the case of pine forests (*Figure 6*) 2000, 2003, 2007, 2009 and 2013 years were characterized by decreased productivity values. These years were all drought years ( $PAI > 6$ ). The lowest productivity was observed in 2000 and 2003 in this 16-year-long period which years were extremely dry; the mean annual precipitation was 319 mm and 417 mm in 2000 and 2003 respectively, and dry spells occurred during the vegetation periods. In other years, only a minor deviation from the average is observed. Positive deviations were observed in this period. 2002, 2005, 2008, 2010 and 2014 were favorable years for the vegetation, however, the extremely high precipitation of 2010 (over 1000 mm) is not reflected as extremity.

Based on the observed pattern of the deviations from the average, a significant coincidence between the vegetation productivity and the PAI is identified. This is confirmed by the physical geographical background of the area, which is exposed

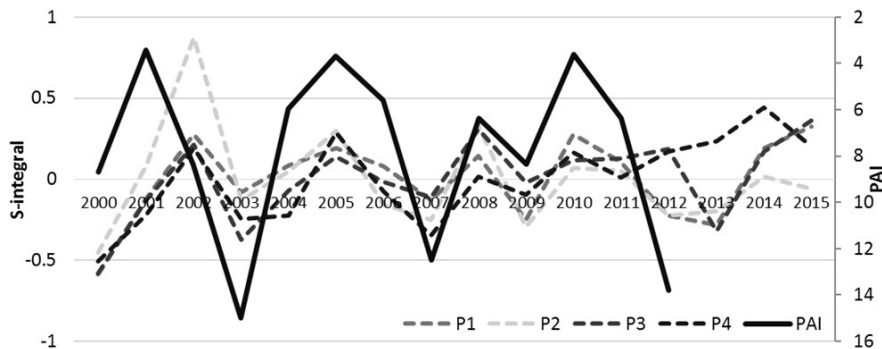


Figure 6. Deviation of mean *S*-integral from the long-term average compared to the PAI for pine study areas

to high water scarcity due to the lowering groundwater table (on the highly elevated areas, a decrease of up to 10 m compared to the 1970s has been observed), and by the genetic soil type, that consists of sandy soils, that are characterized by a high infiltration capacity. Due to these factors, vegetation is highly dependent on the precipitation and temperature conditions in the area, which is well reflected in the determined relationship with the drought index.

The amplitude of the deviations is much higher in the case of locust compared to pine, because of the differences in ecological character and the growth patterns of trees (Figure 7). In the case of pine 2000, 2003, 2007, 2009, 2012 and 2013 were years characterized by decreased productivity values. The highest deviations can be observed in 2000, 2003, 2012 and 2013, which overlap with the drought periods based on PAI. Significant positive deviations can be observed in 2002, 2004, 2005, 2006, 2010, 2014 and 2015 favorable for the forests, and years characterized by precipitation extremities (e.g. 2004, 2010, 2014) have higher impact on growth. The years may have impact on the following years as well. A humid year can result in more balanced conditions in a following drought year (e.g. 2001-2002), and the damages of a drought year can impact the tree growth in a following average year (e.g. 2012-2013) due to the lack of additional groundwater resources.

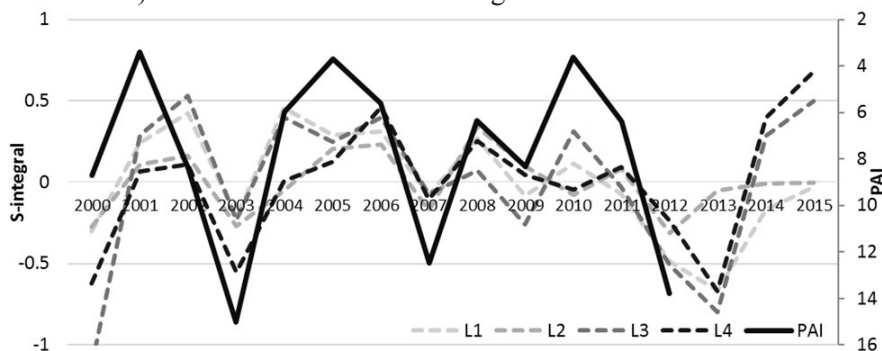


Figure 7. Deviation of mean *S*-integral from the long-term average compared to the PAI for locust study areas



Some differences between the behaviors of the two studied forests can be identified (e.g. higher increase of locust in 2001 after the drought in 2000 or higher production of locust in 2004 following the drought year in 2003). The most spectacular is the year 2012, when locust provided a huge decrease in production, which was followed by a further decrease in the following year. This pattern can be observed in case of pine as well, however, the production varies around the mean. These years were characterized by a precipitation around 400 mm and 700 mm in 2012 and 2013 respectively, however, there were many dry spells and extreme temperature records that influenced plant processes.

## Conclusion

The study confirmed the necessity of methods for filtering and generalization of vegetation index datasets in environmental assessments. Data processing was enhanced by Python scripts to improve the processing workflow. The assessment of the relationship between the vegetation productivity parameter (S-integral) with the PAI drought index resulted in a strong relationship in the study area that highlights its importance for climate impact assessments revealing regional patterns of behavior. Drought is a complex natural phenomenon and its regional monitoring is still challenging. Future research to integrate vegetation phenology and productivity parameters into monitoring is aimed to support preparation and mitigation of drought impacts.

## References

- BARTHOLY J.–HORÁNYI A.–KRÜZSELYI I.–PIECZKA I.–PONGRÁCZ R.–SZABÓ P.–SZÉPSZÓ G.–TORMA Cs. (2011): A várható éghajlatváltozás dinamikus modelleredmények alapján. In.: Bartholy J.–Bozó L.–Haszpra L. (eds.), *Klíma­változás – 2011, Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. pp. 170–235.
- CSORBA P.–BLANKA V.–VASS R.–NAGY R.–MEZŐSI G.–MEYER B. (2012): Hazai tájak működésének veszélyeztetettsége új klímaváltozási előrejelzés alapján. *Földrajzi Közlemények* 136, 3, pp. 237–253.
- EKLUNDH, L.–JÖNSSON, P. (2015): TIMESAT 3.2 with parallel processing, Software manual. 88 p. [http://web.nateko.lu.se/timesat/docs/TIMESAT32\\_software\\_manual.pdf](http://web.nateko.lu.se/timesat/docs/TIMESAT32_software_manual.pdf)
- Gulácsi A.–Kovács F. (2015): Drought Monitoring With Spectral Indices Calculated From Modis Satellite Images In Hungary, *Journal of Environmental Geography*. 8, 3–4, pp. 11–20.
- HARGROVE W.W.–SPRUCE J.P.–GASSER G.E.–HOFFMAN, F.M. (2009): Toward a national early warning system for forest disturbances using remotely sensed canopy phenology. *Photogrammetric Engineering – Remote Sensing*, 75, pp. 1150–1156.
- HRNJAK I.–LUKIĆ T.–GAVRILOV M.B.–MARKOVIĆ S.B.–UNKAŠEVIĆ M.–TOŠIĆ I. (2014): Aridity in Vojvodina, Serbia. *Theoretical and applied climatology*, 115, 1–2, pp. 323–332.



- IVITS E.–CHERLET M.–TÓTH G.–SOMMER S.–MEHL W.–VOGT J.–MICALÉ F. (2012): Combining satellite derived phenology with climate data for climate change impact assessment. *Global and Planetary Change*, 88, pp. 85–97.
- LADÁNYI, ZS.–DEÁK, J.Á.–RAKONCZAI, J. (2010): The effect of aridification on dry and wet habitats of Illancs microregion, SW Great Hungarian Plain, Hungary. *AGD Landscape & Environment* 4 (1), pp. 11–22.
- LADÁNYI ZS.–RAKONCZAI J.–VAN LEEUWEN B. (2011): Evaluation of precipitation-vegetation interaction on a climate-sensitive landscape using vegetation indices. *J. Applied Remote Sensing* 5, pp. 503–519.
- LAKATOS M.–BIHARI Z.–SZENTIMREY T. (2014): A klímaváltozás magyarországi jelei. *Légekör* 59, 4, pp. 158–163.
- Pálfai, I.–Herceg, Á. (2011): Droughtness of Hungary and Balkan Peninsula. *Riscuri si Catastrofe An X 9/2*. pp. 145–154.
- RAKONCZAI J. (2011): Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin. In: Blanco J.–Kheradmand H. (eds.), *Climate Change - Geophysical Foundations and Ecological Effects*. Rijeka: InTech, pp. 297–322.
- ZHANG X.–FRIEDL M.A.–SCHAAF C.B.–STRAHLER A.H.–HODGES J.C.F.–GAO F.–REED B.C.–HUETE A. (2003): Monitoring vegetation phenology using MODIS, *Remote Sensing of Environment*, 84, 3, pp. 471–475.

# A felszínborítás modellezésének pontosságvizsgálata Corine Land Cover rétegek alapján CA-Markov módszerrel

Varga Orsolya Gyöngyi<sup>1</sup> – Szabó Szilárd<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, DE-Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
varga.orsolya.gyongyi@science.unideb.hu

<sup>2</sup> tanszékvezető egyetemi docens, DE-Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.szilard@science.unideb.hu

**Abstract:** In our paper we examined the correspondence between simulated maps and real land cover data based on Corine Land Cover vector layers. In order to perform the simulation we used combined cellular automaton and Markov chain model in Idrisi software environment tested with two study areas in the neighbourhood of Tokaj and Debrecen. The correspondence was performed by setting up error matrices then calculating overall accuracy and Kappa Agreement Index values for all the combinations of study areas and category distributions.

## Bevezetés

Vizsgálatunkban a felszínborítás változás előrejelzésével foglalkoztunk, amelyre napjainkban egyre több törekvés jelenik meg a nemzetközi szakirodalomban. Ehhez a sejtautomata modell és Markov-lánc ötvözetét alkalmaztuk. A sejtautomata modellek elmélete Neumanntól és Ulamtól eredeztethető az 1940-es évekből, majd a Conway-féle „Game of life” elméletként vált népszerűvé és igen széles körben, különböző tudományterületek számos gyakorlati alkalmazásaként kezdték használni (SINGH, 2003; LÓCZY, 2010). A Markov-lánc eredetileg a matematika területén alkalmazott elmélet, amely a sztochasztikus folyamatmodellek egy típusa, és földtani alkalmazása önmagában pl. a litológiai sorozatok elemzése során jelent meg (GEIGER, 2007).

A térinformatika is felfigyelt erre a lehetőségre, és leginkább a felszínborítás változásának jellemzésében, előrejelzésében (MEMARIAN ET AL. 2012; SUPEDI ET AL. 2003), illetve a városok térfoglalásának vizsgálatában (NOURI ET AL. 2013; KITYUTTACHAI ET AL. 2013) alkalmazták, jellemzően az utóbbi 15 évben. Hazai mintaterületen a felszínborítás vizsgálata főként diverzitás vizsgálat (TÓTH Cs. 2012), vegetáció vizsgálat, tájmintázat vizsgálat (TÚRI Z. 2010), illetve ezeket befolyásoló tényezők irányában folyt. A leírt modell alkalmazása még nem elterjedt, szintén leginkább vegetáció-változások vizsgálatában fordult elő (SOMODI I. 2009). A vegetáció változásának okaira több kutatás is irányult (NOVÁK T. –TÓTH Cs. 2016), kifejezetten a vizsgált mintaterületen is (KERÉNYI A. – SZABÓ G. 2007; NOVÁK ET AL. 2014).

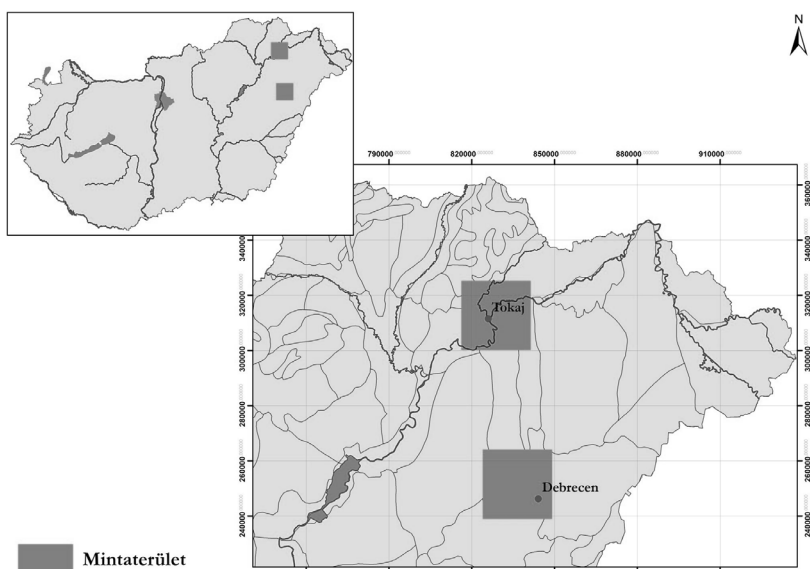
A vizsgálat során ezt a mára a térinformatikában egyre gyakrabban alkalmazott

szimulációs modellt alkalmaztuk Magyarország területére eső mintaterületen, kifejezetten a felszínborítás változásának előrejelzésére. A vizsgálatot több kategóriabeosztással végeztük el, így vizsgálni tudtuk e tényezőnek a szimuláció pontosságára tett hatását. A kapott eredményt a távérzékelésben hagyományosan használt pontosságvizsgálati módszerrel minősítettük.

## Mintaterület bemutatása

Kutatásunkban két nagy méretű, 25x25 km-es terület felszínborítási adatain teszteltük a sejtautomata-Markov modellt. Az egyik terület Debrecen északnyugati szomszédságában, a másik pedig Tokaj központtal, a Tisza és a Bodrog összefolyásánál, valamint a környező ártéren található (*1. ábra*). Ez utóbbi terület magában foglalja a Nagy-Kopaszt, illetve több kistáj határán helyezkedik el (egyúttal több középtáj és két nagytáj határán is). Területe mind vegetáció, mind földhasználat szempontjából heterogénnek mondható; jellemzően szántóföldi hasznosítású terület, ám nagy kiterjedésű erdő, illetve a mintaterület méretéhez képest számottevő kiterjedésű vízfelület is található itt.

A Debrecen tőszomszédságában található mintaterület ennél egységibb: bár a területen a CLC nomenklátúra alapján több felszínborítási típus jelenik meg, azok aránya alapján a terület sokkal egyhangúbb képet mutat, illetve Debrecen képében nagy kiterjedésű lakott területi „gócot” tartalmaz, amely típus a tokaji mintaterületen kisebb települések formájában fordul csak elő. A két mintaterület közötti különbség a domborzati adottságokban is megjelenik, tekintve, hogy a terület dombsági jellegű kistájrészleteket is magába foglal, ám a modellben ez a jellemző nem került beépítésre.



1. ábra A mintaterületek pontos elhelyezkedése

## Anyag és módszer

A felszínborítási adatokat a Corine Land Cover adatbázisból származtattuk, amely az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (European Environmental Agency), majd a Copernicus Land Monitoring Service, illetve hazai keretek között a FÖMI gondozásában valósult meg. Az 1985-ben kezdődő program eredménye 1:100 000 méretarányon interpretált, majd 44 kategóriába sorolt térinformációs adatbázis lett, amely 4 év felszínborításának állapotát jellemzi (illetve az időpontok közötti felszínborítás változásokra vonatkozó adatbázis szintén létrejött). Az adatbázisban az adott méretarányon interpretált legkisebb objektum mérete 25 ha volt, a tematikus pontosság pedig hozzávetőleg 85% (BÜTTNER GY. ET AL. 2004; COPERNICUS LAND MONITORING SERVICE; MARI L. 2010).

A Corine rétegek előfeldolgozása ArcGIS szoftverben történt, ez a munkarész a vetületi transzformáció, a mintaterületek kijelölésének, illetve a kategóriák újrakódolásának végrehajtásából állt. Az Idrisi Selva szoftverbe importálva a vektoros állományokat raszterizáltuk, 25 méteres felbontású rasztereket létrehozva.

A vizsgálat legfontosabb része során az Idrisi Selva szoftver Markov és CA-Markov modulokat, a validáláshoz a kereszttáblációs modult használtuk. A Markov modul a Markov-láncok elméletén alapul, amely szerint egy rendszer állapota egy második időpontban megjósolható a rendszer első időpontban mutatott állapota alapján. A modul – a felszínborítás esetének példáján – átmenet valószínűségi mátrixot hoz létre, amely leképezi minden felszínborítási osztály átalakulásának esélyét minden más felszínborítási osztályba, illetve annak a lehetőségét is – osztályonként és minden egyes pixel esetében –, hogy a pixelek mekkora valószínűséggel fognak az adott osztályba tartozni a későbbi időpontban. Tehát az egyes pixelek osztályba sorolása függ attól, hogy az előző időpontban mely osztályba tartoztak (EASTMAN J. R. 2012; BELL, 1974). Ez adja a modell időbeli összetevőjét.

A Markov-lánc elméletét kibővítve alkalmazza az Idrisi CA-Markov modulja, amely a sejtautomata elmélettel ötvözött sztochasztikus modell, és az időbelin túl térbeli tulajdonságokat is figyelembe vesz a modellezés során (EASTMAN, J. R. 2012). A raszteres állományon a pixeleket „élő” és „halott” négyzeteknek tekinthetjük, amelyek szomszédságuk függvényében kialakuló szabályok alapján szaporodni, rendeződni képesek (LÓCZY D. 2010).

A szimulációt úgy végeztük el, hogy a 2000. és 2006. évi CLC100 adatbázisok alapján a mintaterületekre szorítkozva megbecsültük a 2012. évi felszínborítás állapotát, majd ezt összevetettük a CLC100 2012. évi adatbázisával. A becslést a CLC-kategóriák standard szintek szerinti összevonásával több fázisban is elvégeztük, így a szimuláció többféle kategória beosztás szerint történt meg. A modell lehetőséget ad arra, hogy figyelembe vegyük a bemeneti térkép pontosságát, így az átmenet-valószínűségi mátrix is ennek függvényében alakul ki (MAS ET AL. 2014).

A sejtautomata-Markov modell eredményeként létrejött szimulált felszínborítás térképet összevetettük az eredeti adatbázissal hibamátrix felállításának segítségével.

A hibamátrixból származtatható többek között a két fedvény közötti teljes pontosság (overall accuracy), illetve a Kappa egyezési index. A hibamátrix a távérzékelt adatok pontosságvizsgálatában elterjedt módszer, melyet általában a CONGALTON (1991) által leírt módon interpretálunk. A Kappa egyezési indexet eredetileg COHEN (1960) vezette be, majd ROSENFELD–FITZPATRICK–LINS (1986) nyomán kezdték távérzékelési kutatásokban is alkalmazni. A teljes pontosságot a helyesen osztályozott pixelek és az előforduló összes pixel hányadosaként adhatjuk meg. A Kappa egyezési index a hibamátrix összes értékét figyelembe veszi és a megfigyelt egyezést a véletlenszerű egyezéshez viszonyítja.

## Eredmények

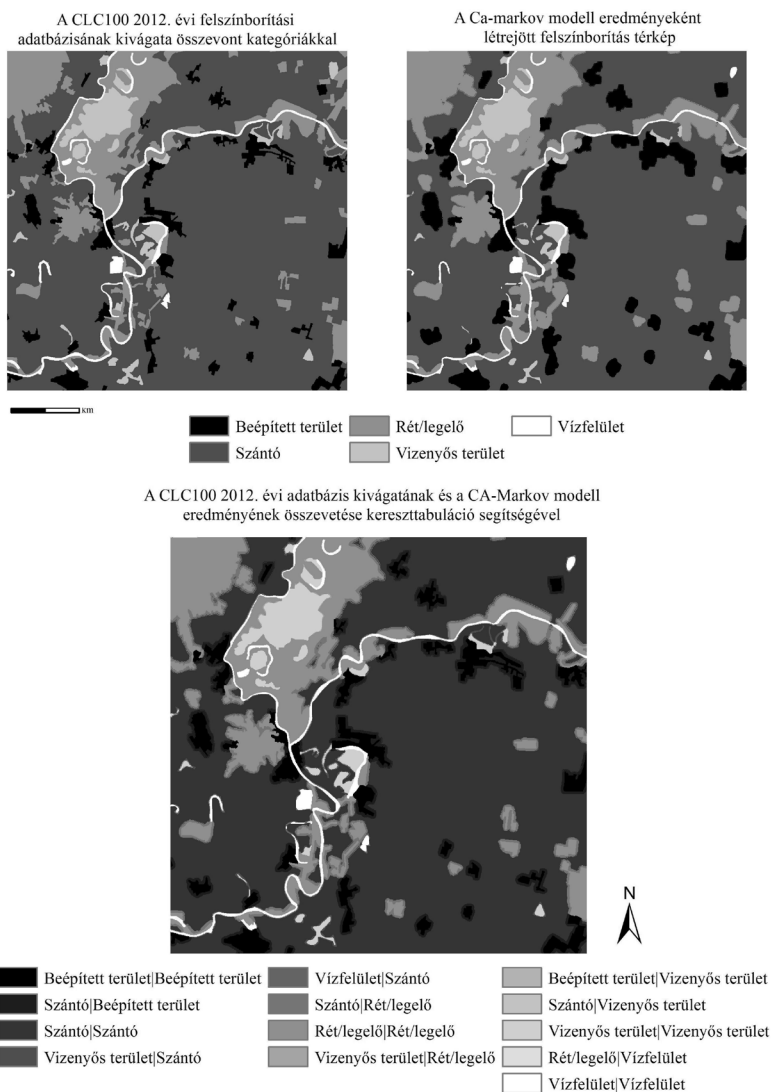
A vizsgálat eredményeként 6 szimulált felszínborítási térkép jött létre (3-3 a két mintaterületen) különböző kategória beosztásokkal. A bemeneti térképek az első esetben a lehető legtöbb (Debrecen esetében a modell által maximálisan megengedett 20, Tokaj esetében a CLC alapján megjelenő 18) kategóriát tartalmazták, a második esetben 10, a harmadik esetben 5 kategóriát – törekedve a Corine standard szinteknek történő megfelelésre. A modell számára a Corine adatbázisok sajátosságaiból adódóan olyan paramétereket adtunk meg, amelyek alapján az a 2000. és 2006. évi adatbázisokból 6 évre előre becsül (2012. évre), az ilyen paraméterek mellett a modell segédlete által ajánlott 6 iterációval. Az eredménytérképeket (2. ábra) hibamátrixok segítségével összevetettük a Corine 2012. évi adatbázisában szereplő felszínborítási adatokkal, amelyből számított teljes pontosság és Kappa egyezési index értékeket az 1. táblázatban közlünk.

A táblázat alapján kitűnik, hogy míg a teljes pontosság mindkét mintaterület esetében magas, a Kappa egyezési index 0.75 alatti értéket is mutat. A kategóriák számának csökkenésével az egyezés mindkét mutató alapján rendre növekszik, a tokaji mintaterület esetében a teljes pontosság 97%-os értéket is elér. E mutató interpretálása aránylag átlátható, mivel egy egyszerű arányszám százalékos kifejezéséről van szó, ám a Kappa egyezési index értelmezésére nincs egységes álláspont a szakirodalomban. VIERA ET AL. (2005) a 0.6-0.8 feletti értékeket nagymértékű egyezésnek, a 0.8 feletti

1. táblázat A hibamátrixból származtatott teljes pontosság és Kappa egyezési index értékek a két mintaterület esetében

<b>TOKAJ</b>	<b>Teljes pontosság (Overall accuracy)</b>	<b>Kappa egyezési index</b>
18 kategória	85%	0.791
10 kategória	88%	0.822
5 kategória	97%	0.940
<b>DEBRECEN</b>	<b>Teljes pontosság (Overall accuracy)</b>	<b>Kappa egyezési index</b>
20 kategória	84%	0.745
10 kategória	86%	0.741
5 kategória	89%	0.797

értékeket tökéleteshez közelinek tekinti, bár a gyakorlati alkalmazás során általában a 0.8 feletti értékeket tekintjük elfogadhatónak. Abban azonban egyértelmű tendencia mutatkozik, hogy a kategóriaszámok csökkenésével nő az egyezés a modellezett és az eredeti felszínborítási réteg között. PONTIUS ÉS MALIZIA (2004) leírta, hogy a kategóriák összevonása nagyban befolyásolja két fedvény közötti egyezés mérését és bizonyos megfontolások alapján helyes aggregációs technikákat ajánlottak. Az általuk javasolt technika alkalmazását, illetve a felszínborítás változás intenzitásának vizsgálatát a kutatási további irányvonalaként jelöltük meg.



2. ábra A CA-Markov modell eredményének és a validálás során készített kereszttabuláció egyik példája a tokaji mintaterületen, 5 kategóriás beosztás mellett (Saját szerkesztés CLC100 fedvényekből származtatva)

## Összefoglalás

A szakirodalomban olvasható eredmények, illetve a jelen kutatás eredményei alapján a modell előrejelzése összességében helyesnek bizonyul, ám fontos volna arra is figyelmet fordítani, hogy a referencia rétegek (2006. és 2012. évi CLC fedvények), valamint a korábbi referencia és a szimulált rétegek közötti (2006. évi CLC fedvény és a CA-Markov modell eredményeként létrejött réteg) változások – kizárólag a változásokra koncentrálva - milyen mértékű hasonlóságot mutatnak. Így képet kaphatunk arról, hogy a modell kifejezetten a változások irányát és nagyságát milyen sikerességgel képes előrejelezni, illetve hogy valójában mennyire hasznosítható információt nyújt a felszínborítás változására vonatkozóan.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást Szabó Szilárd részéről a Debreceni Egyetem (RH/751/2015), Varga Orsolya részéről az NTP az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által meghirdetett „Egyedi fejlesztést biztosító ösztöndíjak” c. pályázat (Nemzeti Tehetség Program NTP-EFÖ-15) támogatta.

## Felhasznált irodalom

- BELL, E. J. (1974): Markov analysis of land use change—an application of stochastic processes to remotely sensed data. Socio-Econ. Plan. Ser. 8:311-316, Pergamon Press
- BÜTTNER GY. ET AL. (2004): A CLC50 és CLC2000, a hazai és európai térinformatikai infrastruktúra integráns részei.  
[http://www.geo.info.hu/gisopen/cd\\_2004/eloadasok/Buttner\\_Gy.pdf](http://www.geo.info.hu/gisopen/cd_2004/eloadasok/Buttner_Gy.pdf)
- COHEN, J. (1960): „A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement. 20(1), 37–46.
- CONGALTON, R. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of the Environment. 37, pp. 35–46.
- EASTMAN, J. R. (2012): Idrisi Selva Manual. Clark University
- GEIGER J. (2007): Geomatematika. JATEPress, Szeged, p. 23.
- KERÉNYI A.–SZABÓ G. (2007): Human impact on topography and landscape pattern in the Upper Tisza region, NE-Hungary. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 30(2), pp.193–196
- LÓCZY, D. (2010): Tájdinamika – módszertani fejlemények. In: Szilassi P.–Henits L. (szerk.): Tájkváltozás értékelési módszerei a XXI. században, JATEPress, Szeged, pp. 14–30.
- MARI L. (2010) Tájkváltozás elemzés a CORINE adatbázisok alapján. In: Szilassi P.–Henits L. (szerk.): Tájkváltozás értékelési módszerei a XXI. században, JATEPress, Szeged, pp. 317–330.
- MAS, J. F.–KOLB, M.–PAEGELOW, M.–OLMEDO, M. C.–HOUET, T. (2014): Modelling Land use / cover changes: a comparison of conceptual approaches and softwares. Environmental



Modelling and Software, Elsevier, 51 pp. 94–111.

- MEMARIAN, H.–BALASUNDRAM, S.K.–TALIB, J.B.–TEH BOON SUNG, C.–SOOD, A. M.–ABBASPOUR, K. (2012): Validation of CA-Markov for Simulation of Land Use and Cover Change in the Langat Basin, Malaysia. *Journal of Geographic Information System*, 4, pp.542-554.
- NOURI, J.–GHARAGOZLOU, A.–ARJMANDI, R.–FARYADI, S.–ADL, M. (2013): Predicting Urban Land Use Changes Using a CA-Markov Model. *Arab Journal of Science and Engineering*. DOI 10.1007/s13369-014-1119-2
- NOVÁK T. J.–INCZE J.–SPOHN, M.–GLINA, B.–GANI, L. (2014): Soil and vegetation transformation in abandoned vineyards of the Tokaj Nagy-Hill. *Catena* 123:10, doi:10.1016/j.catena.2014.07.017.
- NOVÁK T.J. - TÓTH Cs. A. (2016): Development of erosional microforms and soils on semi-natural and anthropogenic influenced solonetzic grasslands. *Geomorphology*, 254, pp.121–129
- ROSENFELD, G.H.–FITZPATRICK-LINS, K. (1986): Coefficient of agreement as a measure of Thematic Classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 48(1), 131–137.
- SINGH, A. K. (2003): Modelling land use land cover change using cellular automata in geospatial environment. [http://www.itc.nl/library/papers\\_2003/msc/gfm/anuj.pdf](http://www.itc.nl/library/papers_2003/msc/gfm/anuj.pdf)
- SOMODI I. (2009): Tájhasználat-változást követő vegetációs átalakulások vizsgálata és modellezése. Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest [http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2009/somodi\\_i.pdf](http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2009/somodi_i.pdf)
- SUBEDI P.–SUBEDI, K.–THAPA, B. (2013): Application of a Hybrid Cellular Automaton–Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 1(6):126-132. <http://pubs.sciepub.com/aees/1/6/5/>
- KITYUTTACHAI, K.–TRIPATHI, N.K.–TIPDECHO, T.–SHRESTHA, R. (2013): CA-Markov Analysis of Constrained Coastal Urban Growth Modeling: Hua Hin Seaside City, Thailand. *Sustainability*, 5:1480-1500; doi:10.3390/su5041480
- TÓTH Cs. (2012): Diverzitásvizsgálatok a Nyírség erdő- és gyepterületein. In: Szabó G. (szerk.): *A Sustainability Index model kidolgozása és alkalmazása a Nyírségben és a Bihar-Hegységben*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, pp. 119–149.
- TÚRI Z. (2010): Studying landscape pattern in Great Hungarian Plain model areas. In: Oimahmad Rahmonov (ed.): *Anthropogenic aspects of landscape transformations* 6. University of Silesia, Sosnowiec - Bedzin, pp. 109–115.
- VIERA, A.J.–GARRETT, J.M. (2005): Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic. *Family Medicine*, 37(5), 350–363. [http://www1.cs.columbia.edu/~julia/courses/CS6998/Interrater\\_agreement.Kappa\\_statistic.pdf](http://www1.cs.columbia.edu/~julia/courses/CS6998/Interrater_agreement.Kappa_statistic.pdf)



# Térképészet 2.0: GIS+Kartográfia

Zentai László

tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék,  
lzentai@caesar.elte.hu

**Abstract:** The successful development of modern cartography requires integrated interdisciplinary approaches from domains such as information technology, communication science, telecommunication sciences, cognitive sciences, geospatial information management and cartography. It is those interdisciplinary approaches which make sure that we work towards human-centred cartographic and geoinformation application developments. A number of important technology-driven trends have a major impact on what and how we create, access and use maps (milestones). The paper focuses on the information technology background of this process and the effect of this development on the cartography and GIS. Abstracting reality makes a map powerful, as it helps to understand and interpret very complex situations very efficiently. Maps are most efficient in enabling human users to understand complex situations.

## Bevezetés

A térképészetet – sok más szakterülettel együtt – óriási mértékben átalakította az elmúlt fél évszázad informatikai forradalma. Ez a rövid tanulmány ennek a folyamatnak a mérföldköveit próbálja azonosítani, és kísérletet tesz a közeljövő fejlődési trendjeinek felvázolására. Mint minden szakterület, a térképészet is természetesen folyamatosan monitorozza a technológiai fejlődést, sőt már az 1980–90-es évektől használnak erre a folyamatra olyan szakkifejezéseket, mint pl. újkartográfia, modern térképészet, de a legfrappánsabb kifejezés talán a térképészet 2.0, hiszen a verziószám alkalmazása megfelelően erős és frappáns utalás az informatikai kötődésre.

## A térképészet 2.0 szerepe napjainkban

A térképészet helye és szerepe a tudományterületek között változott az idők során. A térképkészítés, mint gyakorlati ismeret természetesen már az ókorban megjelent, de önálló tudománnyá lényegében csak a XX. században első felében vált. Ha általánosságban szeretnénk felsorolni a térképészet mai feladatait, akkor eléggé közérthető kijelentéseket kell tennünk:

- A térképészet szeretné megérteni és megértetni a világméretű problémákat kartográfiai támogatással.
- Szeretné a térképek segítségével bemutatni, vizualizálni a környezeti, gazdasági térbeli információkat.

- A kartográfia globális fórumot biztosít a térképészeknek és geoinformatikusoknak: a tudomány univerzalitása a kutatók, szakemberek egyik legfontosabb lehetősége. A térképészet mindig is nyitott volt más szakterületek irányába. Ezt jól mutatja az a tény is, hogy a Nemzetközi Térképészeti Társulást (ICA) 2014-ben az ICSU (Nemzetközi Tudományos Tanács) tudományos uniós tagsági rangra emelte (összesen 31 ilyen természettudományos szervezet van).
- A térképészetnek követnie kell a technológiai, informatikai fejlődést, szükség esetén akár speciális alkalmazásfejlesztéssel is.
- A térképészeti szakértelem birtokában és a technológia fejlődés ismeretében segíteni kell az oktatást, az állami térképészeti ügynökségeket, illetve a geoinformatikai szakembereket. Ebbe a folyamatba bele kell érteni a kartográfiai örökség megőrzését is, megértve azt, hogy a mai felhasználók a korábbi papírtérképeket is szeretnék digitálisan használni (GERCSÁK G.–ELEK I. 2012).

### Mérföldkövek a XX. század térképészetében

A XX. században a térképészet nemcsak az informatikai fejlesztéseknek köszönhetően változott, de voltak további mérföldkövek, amelyek nagy hatást gyakoroltak a diszciplína fejlődésére (ZENTAI L. 2012):

- **Ofszetnyomtatás:** a nagy példányszámú, jó minőségű, gyors nyomdai sokszorosítási eljárás a XX. század elején vált széles körben elterjedté. A térképek nyomtatásában főleg a színes sokszorosítás egyre olcsóbbá váló lehetősége miatt volt fontos.
- **Légi fényképezés, sztereofotogrammetria:** a technológia a gyakorlatban az I. világháború után vált egyre szélesebb körben is használhatóvá. Jelentősen felgyorsította a topográfiai térképezés menetét, csökkentve a terepi munka ráfordítást és megteremtette többek között a szintvonalas domborzatábrázolás gyors elterjedését.
- **Távérzékelés:** az űrverseny a hidegháborús korszak egyik jellemző terepe volt a két nagyhatalom között. Az első időkben (1950-60-as évek) a fejletlen informatikai technológia következtében a műholdképek még analóg formában készültek (a nyers filmeket vissza kellett juttatni a földre). Csak az 1970-es évek elejére fejlődik ki a digitális technika, mind az érzékelők, mind az adattovábbítás, mind a feldolgozás, elemzés területén. Mindenképpen ki kell emelni az első polgári felhasználású, tudományos célú műholdcsalád fontos szerepét. Az 1972-ben indított amerikai Landsat műholdnak köszönhető, hogy a távérzékelés mára széleskörűen alkalmazott civil technológia lett. Sokat köszönhetünk az űrfelvételeknek a topográfiai térképek titkosságának megszűnésében is, bár ez egy hosszabb folyamat volt és a titkosság megszüntetése alapvetően inkább politikai, mint szakmai döntés volt.
- **Számítógépek:** a számítógépek szélesebb körű ipari felhasználása a hatvanas évek elején kezdődött főleg Észak-Amerikában, de a japán ipari fejlődésben is

komoly része volt az elektronikai, informatikai támogatásnak. Természetesen ebben az időszakban legfeljebb az állami szféra, azon belül is főleg a katonaság, az államigazgatás tudott hozzáférni e technológiához. Az iparban főleg az autógyártás volt elég tökeerős és innovatív az új technológia alkalmazásához. Az igazi informatikai áttörést azonban a személyi számítógépek megjelenése (1981 – IBM PC), illetve a web „feltalálása” (1990 – Tim Berners-Lee) hozta el.

- A mi számunkra természetesen a **térinformatika** kialakulása bír a legnagyobb jelentőséggel. A folyamat az 1960-as évek első felében indult az Egyesült Államokban, alapvetően a földrajz szakterületén, ahol a nagyszámú, már digitálisan tárolt statisztikai adat tudományos feldolgozása, elemzése és vizualizálása nagyon fontos feladat volt. A térinformatika széles körű elterjedését szintén a személyi számítógépek megjelenése és teljesítményének növekedése tette lehetővé.
- A **globális műholdas helymeghatározó rendszerek** fejlesztése az 1970-es években indult meg az Egyesült Államokban, de szélesebb körű alkalmazásához, az eszközök elterjedéséhez 20-30 évre volt szükség. Mára egy GPS chip olyan köznapis eszközökbe is olcsón beépíthető, mint az okostelefon, vagy a digitális fényképezőgép. Ilyen chipek és megfelelő alkalmazások nélkül nem jöhettek volna létre a helyfüggő szolgáltatások (location-based services).
- A **lézerszkennelés** olyan távérzékelési technológia, amelynek az elméleti hátterét már az 1960-as években kidolgozták, de a valódi technológia alkalmazása csak az 1990-es évek közepétől indult meg, részben annak is köszönhetően, hogy a személyi számítógépek fejlődése ekkoriban kezdte lehetővé tenni az eljárás során keletkezett nagy tömegű adat feldolgozását.
- A **drónok** térképészeti szerepe egyre jelentősebb, egyre több területen alkalmazzák őket a felhasználók kiváltva más, sokkal drágább és bonyolultabb technológiákat. Sajnos a technikai, informatikai fejlődéssel egyelőre a jogi szabályozás nehezen tart lépést, a szabályozás jövőbeni alakulása jelentősen befolyásolhatja a technológia fejlődését is. A fejlesztők, az ipari szereplők ugrásra készen várják a jogi döntéseket.

### **Az egyik legfontosabb kartográfiai mérőföldkő: globális térképszolgáltatások**

A laikus számítógép használók számára talán a legismertebb kartográfiai mérőföldkő a globális on-line térképszolgáltatások megjelenése. Már a web elterjedésének kezdeti időszakában megjelentek az első globális térképszolgáltatások (XEROX PARCVIEWER, 1993), de napjaink hasonló szolgáltatásaival összehasonlítva ezek mind technikai, technológiai értelemben, mind térképi tartalomban rendkívül kezdetlegesnek tűnnek, de az akkori alkalmazások feszegették a korabeli számítástechnikai lehetőségek korlátait.

A laikusok számára a legismertebb globális térképszolgáltatás a GoogleMaps/GoogleEarth, mely valóban olyan technológiát vezetett be (vektoros térképi

adatbázisokból raszteres térképcsempék szolgáltatása), amely ma is minta a hasonló szolgáltatások számára (BingMaps, MapQuest, Yahoo, Here, OpenStreetMaps). Bár a GoogleMaps csak 2005-ben indult (a hozzá kapcsolódó StreetView pedig csak 2007-ben), de egyes felmérések szerint napjainkban ez az a szoftver (a GoogleEarth), amely az okostelefonok legtöbbször megvalósítható (PETERSON M. 2015).

Természetesen azt látják a szakemberek (a laikusok ugyan kevésbé), hogy a globális térképszolgáltatások nem teszik feleslegessé a hasonló nemzeti SDI (spatial data infrastructure) alapú portálokat. Azok egyrészt olyan információkat is kínálnak, amit a nagy globális szolgáltatók nem (pl. domborzatmodell, légi fotók, lézerszkennelt adatok, sőt esetenként mai és korábbi állami topográfiai vagy kataszteri térképek raszteres, esetleg vektoros változatai), másrészt a nemzeti térképész ügynökségek adatai a legtöbb esetben sokkal konzisztensebbek, megbízhatóbbak, naprakészebbek.

## Szenzorok mérőföldkövei

A szenzorok (érzékelők) nagyon fontosak kartográfiai szempontból, hiszen az elmúlt ötven év egyik leglényegesebb változása a rendkívüli módon megnövekedett adattömeg; természetesen az analóg szenzorok digitálissá alakulása volt ebben a folyamatban a legfontosabb mérőföldkő. Azt is figyelembe kell vennünk, hogy megfelelő informatikai fejlesztések nélkül ez az adattömeg nem lett volna kezelhető: memória és háttértár kapacitás, az adatátviteli sebesség növekedése. A szenzorok fejlődése és a szenzorok által szolgáltatott adatok feldolgozásához szükséges hardver és szoftver fejlődése egymástól általában független folyamat, így gyakran az egyik technika lassúbb fejlődése negatívan hat a másik technológia fejlesztésére.

Napjainkban az érzékelők mérete és ára folyamatosan csökken, csökkennek az adattárolás költségei is. Viszont a szenzorok fejlődése még ennél is gyorsabb, így a térképészet és a geoinformatika is szembesült az elmúlt években a *big data* problémájával.

<b>Eszköz</b>	<b>Navigációs szenzor</b>	<b>Képfalkotó eszköz</b>	<b>Kommunikációs lehetőség</b>
Okostelefon	GPS/IMU/tájoló	CMOS (fénykép és videó)	3G/4G/Wifi
Digitális fényképezőgép	GPS	MOS (fénykép és videó)	Wifi
Hobby GPS	GPS/tájoló	-	Wifi
Autónavigáció	GPS	CMOS	3G/4G/Bluetooth
Virtuális szociális hálózatok	wifi access point alapján	webkamera	Internet

## Informatika a köznap életben

Az informatika természetesen nemcsak a térképészet fejlődését módosította, de a mindennapi életünkre is jelentős hatást gyakorolt, sőt gyakorol egyre inkább. Érdekes megvizsgálni azt a folyamatot, hogy ez a hatás mikor kezdődött és hogyan lett egyre fontosabb, de ennek részletes taglalása messze meghaladná ezen tanulmány kereteit.

Érdekes példa ennek a hatásnak a bemutatására az amerikai Time magazin az év embere választása. A Time hetilapot 1923-ban alapították és 1927 óta választják meg az év emberét. A közvetlen kiváltó ok az volt, hogy a hetilap nem ismerte fel ideje korán Charles Lindbergh 1927-es repülésének jelentőségét, amikor repülőgéppel először sikerült átkelnie az Atlanti-óceánon, de később ezt tekintette a hetilap az 1927-es év legfontosabb eseményének, így Lindbergh volt az első az év embereinek sorában. Szinte magától értetődő, hogy a legtöbb esetben vezető politikusok voltak az év emberei, de pl. 1956-ban a magyar szabadságharcosra esett a választás.

Rendkívül jól érezte meg a Time szerkesztősége a személyi számítógépek fontos szerepét a mindennapi életben. Az IBM PC 1981-es megjelenése után egy évvel 1982-ben a PC lett az év ember (vagyis inkább az év gépe). Aztán a XX. század utolsó éveitől kezdve egyre gyakoribbak a számítástechnikai, informatikai háttérű díjazottak (2. táblázat).

Természetesen erősen szubjektív, hogy valóban ezek voltak-e a legnagyobb hatású informatikai fejlesztések, de az biztos, hogy (laikus) amerikai szemmel ezek valóban nagy jelentőségűek.

2. táblázat A számítástechnikai, informatikai háttérű díjazottak

Díjazás éve	Díjazott	Érdem
1997	Andy Grove (Gróf András)	Az Intel alapító elnöke, vezérigazgatója.
1999	Jeff Bezos	Az Amazon.com alapítója és vezérigazgatója.
2006	Te (azaz a felhasználó)	A Time szerint mindenki az év embere, aki alakítja és formálja a digitális társadalmat, ez lényegében a web 2.0 filozófiája.
2010	Mark Zuckerberg	A Facebook alapítója 26 éves korában lett az év embere.

### Trendek, a jövő mérföldkövei

Az informatika, a mobil eszközök (tablet, okostelefon) rövidtávú fejlődése egyre megjósolhatatlanabb. Természetesen vannak egyértelműnek látszó, könnyen előre jelezhető trendek, de a felhasználói magatartás, az, hogy mely alkalmazások lesznek népszerűek már sokkal kevésbé megjósolható, gondoljunk csak ez elmúlt évek olyan erősen promótált fejlesztéseire, termékeire, szolgáltatásaira, mint az MMS, vagy a 3D televízió, amelyek gyártására, szolgáltatására képes az ipar, a szolgáltató, de a felhasználók körében mégsem lettek népszerűek ezek a termékek,



szolgáltatások.

A térképészet és a geoinformatika szakterületét leginkább érintő trendek mindegyike erősen kötődik az informatikához:

- Napjaink egyik legdivatosabb szakkifejezése a **big data**. A szakszóra még nincs is megfelelő magyar szakkifejezés (lehet, hogy nem is szükséges). A szenzorok robbanásszerű fejlődésével, a szolgáltatott óriási tömegű adatok gyors feldolgozásával egyik szakterület sem boldogul. Olyan ismert szakterületek, mint pl. a csillagászat képviselői kijelentették, hogy munkájuk 99%-a nem más, mint big data alapú adatfeldolgozás, és remény sincs arra, hogy ez az arány a közeljövőben megváltozzon, legfeljebb akkor, ha maguk a csillagászok képesek lesznek hatékonyabb, gyorsabb szoftvereket megalkotni, hogy a keletkező adatokból minél hamarabb kinyerhessék a számukra hasznos információkat (data mining).
- A térképészet, geoinformatika szakterületén talán nem ennyire szélsőséges a helyzet, de a szenzorok által „termelt” adatok (főleg a lézerszkennelés) itt is folyamatosan növekednek.
- Az egyik lehetséges válasz a big data probléma kezelésére, a **crowd sourcing** (érdekes módon erre sem nagyon létezik frappáns magyar nyelvű kifejezés). Az adatbányászat, adatfeldolgozás egyes részei kiszervezhetők, bevonhatók érdeklődő önkéntesek, akiknél esetenként nem is valamiféle érdeklődésre, szaktudásra van szükség, inkább csak a szándékra, hogy a birtokukban lévő számítástechnikai eszközök kapacitásának egy részét a projekt rendelkezésére bocsássák (ld. pl. SETI program). Megfelelő alkalmazásokkal, az önkéntesek érdekeltté tételével, egyszerű játékokkal be lehet vonni a felhasználókat egy feladat megoldásába, természetesen a keletkezett információk szakmai ellenőrzésére megfelelő időt kell fordítani felhasználás előtt.
- Részben a big data és a crowd sourcing alapú problémák informatikai megoldására fejlődött ki a **felhő alapú informatikai infrastruktúra** (cloud computing), az elosztott rendszerek, ahol az informatikai kapacitás tetszőlegesen méretezhető a felmerülő felhasználói igényekhez igazodva.
- Az olcsó GPS chipeknek köszönhetően a már említett helyfüggő szolgáltatások szerepe folyamatosan növekszik. A felhasználók számára egyre könnyebb és egyszerűbb az egyes információkhoz (szöveghez, képhez) ún. **geolokációs** tag-et rendelni (KÁDÁR B.–GEDE M. 2013).
- A **mobil eszközök** megjelenése, széles körű elterjedése hasonló jelentőségű napjainkban, mint annak idején a személyi számítógépeké volt. A mobil eszközök lehetnek érzékelők, adatgyűjtők, bizonyos esetekben megjelenítő, vizualizációs eszközök is. Az okostelefonok, tabletek processzorteljesítménye, megjelenítő képessége az elmúlt években nagyobb mértékben nőtt, mint a hagyományos asztali számítógépeké. A fiatal generáció sokkal kevésbé idegenkedik ezektől az eszközöktől, mint az asztali gépekhez szokott generáció (REYES J. 2013).

- Napjaink másik divatos informatikai kifejezése: **a dolgok internete** (IoT: Internet of things). Egyre több eszköz kapcsolódik folyamatosan a globális hálózatokhoz, megteremtve ezzel olyan fogalmakat, mint az okosautó, okoslakás. Mára már az informatikai, köznapi használati eszközök jó része képes a felhasználó közreműködése nélkül kommunikálni egymással. Nincs már messze a vezető nélküli autózás megvalósulása, informatikai, technológiai oldalról ez már lényegében kész, de a kiszolgáló infrastruktúra, a jogi környezet átalakítása és a felhasználók idegenkedésének legyőzése bizonyosan egy hosszabb folyamat lesz.
- A térképi adatok digitalizálása lehetővé tette ezen adatok különleges megjelenítését is: **virtuális és kiterjesztett valóságot** hozhatunk létre a többi földrajzi helyhez kötött információ összekötésével. Ide sorolható az a folyamat is, hogy a digitális térképi adatok között a harmadik dimenzió egyre nagyobb jelentőséggel jelenik meg, sőt esetenként már az idő tényező is része a digitális adatbázisoknak, az SDI-nak.
- Utolsónak azt a fejlődési irányt említem meg, amit a szakemberek sem jósoltak volna meg az 1980-90-es években. A **nyílt forráskód**, az ingyenes adatok és alkalmazások (**open source, open GIS**) elterjedését én részben a web 2.0 megjelenése természetes következményének tekintem. Ahogy az ipari, üzleti felhasználók egyre otthonosabban használták a meglévő technológiákat, hardver- és szoftver eszközöket), úgy lettek egyre inkább képesek megoldani azokat a problémákat, amit a nagy szoftverek fejlesztői csak lassan, vagy egyáltalán nem akartak beépíteni a szoftverek újabb változataiba. A felhasználók – a web 2.0-s környezetek, közösségek mintájára szerveződve – észrevették, hogy saját maguk is képesek megfelelő alkalmazások fejlesztésére. A mi szakterületünkön is jól érzékelhető ez az irányváltás: már nagy állami adatszolgáltatók, térképészeti ügynökségek is elindultak ebbe az irányba.

## Összefoglalás

A térinformatika és a térképészet fejlődése nem független az informatika fejlődésétől. A számítástechnikai eszközök az elmúlt ötven évben olyan mértékű fejlődésen mentek keresztül, amely az élet minden területén komoly változásokat hozott. A közelmúltban ezt a változást tovább fokozta a mobiltelefonia fejlődése, egyre szélesebb körű elterjedése. A mobiltelefonia a világ legszegényebb térségeiben is ismert, még olyan országokban is, ahol a számítógép használat nagyon alacsony szinten van, a térképészetnek, geoinformatikának fontos feladata, hogy ehhez a folyamathoz hozzájáruljon.

A tanulmányban alapvetően a nemzetközi trendekre, mérföldkövekre koncentráltam és nem ejtettem szót a hazai helyzetről.

*A tanulmány a K 100911-es számú OTKA pályázat támogatásával készült.*

## Felhasznált irodalom

- GERCSÁK G.–ELEK I. (2012): Developing map databases: problems and solutions. In.: Maps for the future: Children, Education and Internet. (Lecture Notes in Geoinformation and Cartography; 5.) pp. 139–149.  
[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-19522-8\\_12](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-19522-8_12)
- KÁDÁR B.–GEDE M. (2013): Where Do Tourists Go? Visualizing and Analysing the Spatial Distribution of Geotagged Photography, *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, pp. 78–88.
- PETERSON, M. (2015): Maps and the Meaning of the Cloud, *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*,  
<http://dx.doi.org/10.3138/cart.50.4.3126>
- REYES, J. (2013): Smartphone-based school atlases? *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, pp. 126–133.
- ZENTAI, L. (2012): The Role of Satellite Images in the Development of the Hungarian Cartography until the 1980s, *Geocarto International*.  
<http://dx.doi.org/10.1080/10106049.2012.717970>

# Application of remote sensing technologies for the environmental impact analysis in Kumtor gold mining

Zheentaev Erik

PhD Student at the University of West Hungary; N.Isanov Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture, erik\_jeentaev@yahoo.com

**Abstract:** Nowadays the Environment protection is very important. But actually, this action remains unfulfilled. This paper will introduce the assessment and research of impact of the Kumtor gold mining on the environment through remote sensing technologies (high resolution GeoEye-1 and WorldView-3 satellite images with possibility stereoscopic, multispectral, and near-infrared archive data). After completion of this research will get the results for following: a growth monitoring waste - dumps, horizontal-vertical displacements, determining the area of waste - dumps, measuring the volume of waste - dumps and one of the main environmental problems associated with storage huge amount of waste-dumps on the glacier and the disappearance of glaciers.

## Introduction

Kumtor gold mine is located in the north-western slope of the ridge Ak-Shyirak (Tien Shan), 60 km from the border with China. This mine birth place, included in the ten largest in the world, was discovered in 1978 geophysical expedition. The Kumtor gold birth place is located at an altitude of 4,400 meter; gold process leads to the formation of large quantities of waste - dumps-dumps in the form of mixture containing cyanide and heavy metals, which is stored in special containers (used in the development of about 10 tons of sodium cyanide per year).

Developed open pit mine and partly within the territory, which had previously been covered with glaciers. Disposal of waste - dumps produced in the upper part of the glacier, as it is assumed that the subzero temperature will contribute to fixing liquid waste - dumps and prevent their spread over a significant area. In the immediate vicinity of the birth place located 5 glaciers, one of which (Lysyi glacier) covers the upper part of the development.

Waste rock dumps are located to the north and west of the quarry, directly adjacent to the northern and western edges of it, occupy an area of 2-3 times the area of the quarry. Western sole artificial mountain formed by Glacier Davydov, washed river Chon-Sary-Tor, why especially during heavy rains, the water flows in it dark gray. It may happen overlap the river Chon-Sary-Tor, the accumulation of water in the dam and its breakthrough, which will present the danger of lower-lying buildings. Further, these harmful elements can freely enter the river Naryn river system network (Syr-Darya). The adopted version of storage has brought not only environmental damage but also an economic problem.

Currently, regular and secure gold mining at Kumtor seriously complicates the following geotechnical problems:

- At present, the glaciers located in the activity area of the mine „Kumtor”, not fully carried out the state monitoring of the state of the glaciers;
- Mass gravitational caving of high and steep sides in the north-eastern part (stockwork zone) Central Career;
- Deformation and movement of the north-western side of the Central Career;
- Slip into Central initial career dumps and glacier Davydov in the southeastern part career, in the so-called „zone of strong movements or deformations”;
- Progress of the glaciers-rock mass dumps down the river valley. Chon Sarytor the real threat of destruction of production facilities and mine infrastructure.

This research deals with the assessment, analysis and simulation for the condition dumps using remote sensing at the Kumtor gold birth place in Issyk-Kul region in Kyrgyzstan. Common uses of Elevation Models include:

- Extracting terrain parameters.
- Orthorectification.
- Volume Calculations.
- Modeling mass movement (for example, landslides).
- Creation of relief maps.
- Rendering of 3D visualizations as DTM (DEM) extraction.
- Creation of physical models (including raised-relief maps).

Remote sensing will provide objective and reliable information which could be useful for solving the above problems. Data obtained remote sensing provide comprehensive geographic (spatial) information about the condition of the test area on the previous, present and even future. Furthermore, this method requires less time and money compared to conventional works.

### **Gravity displacement dumps on Kumtor**

As of mid-2013 at the Kumtor mine was developed in quarries and moved in the dumps over 1.0 billion tons of waste - dumps rock, as well as more than 100 million m<sup>3</sup> of glaciers. Historically, that due to limited suitable land near Central career, his dumps formed by glaciers Lysyi, Davydov and Sary-Tor (*Figure 1*). And the vast majority of overburden and glaciers is placed on the glacier Davydov. According to „Kumtor Operating Company” for the period from 1995 to 2012. Volume of waste - dumps rock, stacked in this glacier basin, exceeded 278 million m<sup>3</sup> or 775 million tons.

Major landfilling dumps conducted mostly on sloping surfaces moving glacier moraine birth places at a depth of 1.0-1.5 m below the surface slopes. At the Kumtor mine since the beginning of operations in 1995 in the sharing storage in waste - dumps rock and glaciers, with overburden removed and within the contours of quarries. The main feature of the structure is freezing dumps detrital-blocky structure of stone

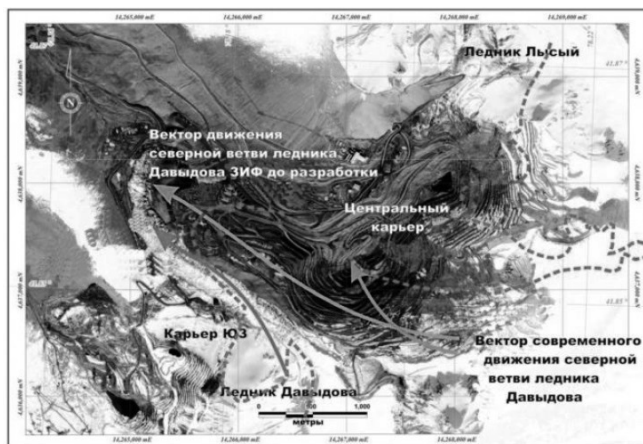


Figure 1. Quarries and dumps on glaciers Lysyi, Davydov and Sary Tor: the red dotted line marked contours of glaciers before the start of field development mining

material, interbedded with glaciers.

By all indications, the movement of dumps, first recorded in 2010, carried out in the form of block displacements of all three stages in which the landslide moves in front of him, in front of him moraine valley glacier Davydov and forms a clear head shaft (Figure 2) The latter is a turf surface and moraine valley floor, crumpled into folds, as the thalweg of the valley, and on its starboard side.

## Remote sensing data

The main parameter to assess the environment in the condition of research is the use of dumps of remote sensing satellite, which in turn is also the most important. In order to assess the condition of the dumps is a major factor, the object; preference should be given high resolution images (spatial resolution - less than 2 m). Satellite remote sensing data WorldView-2, GeoEye-1 and QuickBird data spectral channels suitable for use in a variety of subject areas - such as the definition of the bottom topography (Figure 3 and Table 1).



Figure 2. View frontal part landsliding dump in May 2013 that destroyed the administration building and technical servglaciers of the mine



Table 1. Specifications of satellite imagery

ID image	Date	The angle of deviation from the nadir, deg	Cloud cover, %	The spatial resolution (at nadir), m
(1)-1010010001517200	04.10.2002	12.27°	0%	2,44
(2)-105041000075AE00	29.07.2012	10.72°	0%	1,65
(3)-1030010026077900	15.08.2013	8.71°	2%	1,84
(4)-10300100466BEA00	15.08.2015	3.78° - 29.81°	0%	1,84

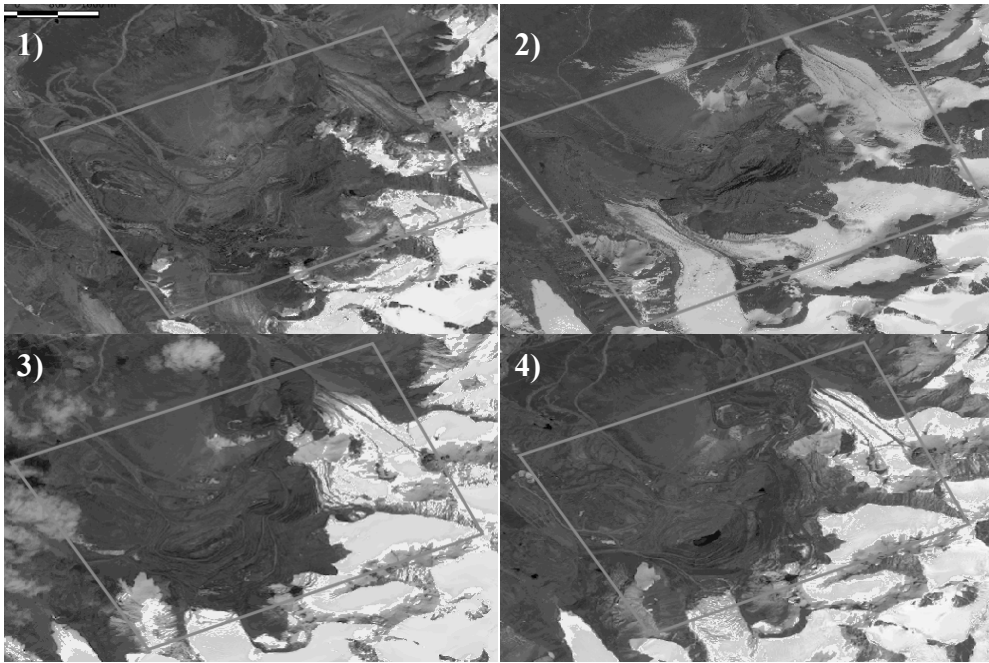


Figure 3. Specifications of satellite imagery  
1) QuickBird; 2) GeoEye-1; 3) WorldView-2; 4) WorldView-2

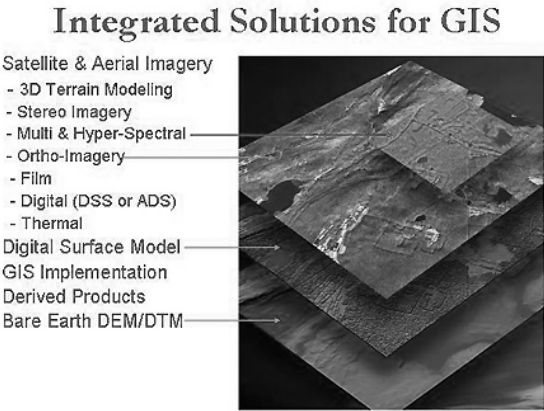


Figure 4. Integrated solutions for RS & GIS



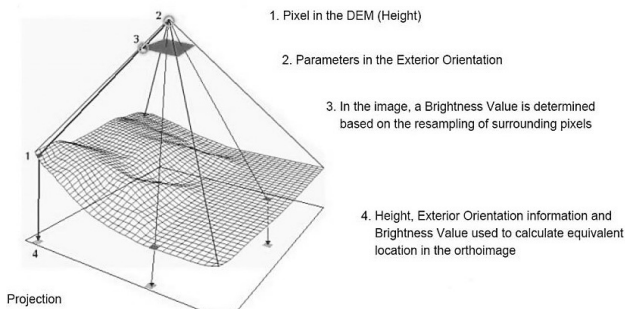


Figure 5. Orthorectification process of remote sensing image data

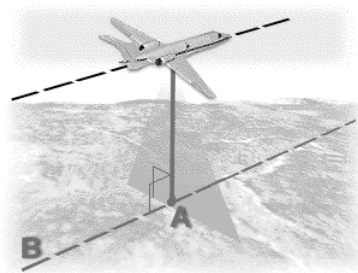


Figure 6. A=Nadir  
B=Nadir Line

By product type of imaging for mapping, the area dumps, identifying areas of dangerous exogenous processes - the electro-optical system having a multi-spectral sensors. For monitoring the growth of the dumps, vertical-horizontal displacements - the stereoscopic images in the centimeter range, followed by interferometric processing and infrared channels in 8 spectral bands.

**The modeling of the impact area** was fulfilled with integrated solutions for RS & GIS (Figure 4).

**Orthorectification** (Figure 5) is the geometric transformation of an image in which image displacements due to sensor orientation and terrain are corrected to the projection of a map coordinate system. The accuracy of an orthorectified image and its assigned georeferencing information is dependent on DEM and the quality of the sensor model.

It is a form of rectification that corrects for terrain displacement and can be used if there is a DEM of the study area. It is based on collinearity equations, which can be derived by using 3D GCPs.

The input data required for orthorectification process is the original image, an appropriate sensor model, GCPs, and a DTM or DEM. The orthorectification process takes the raw digital imagery and applies a DEM and triangulation results to create an orthorectified image (Figure 7).

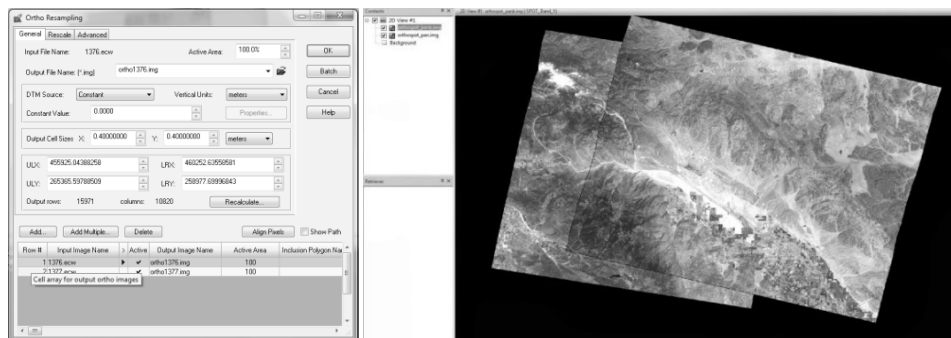


Figure 7. Ortho resampling process and results

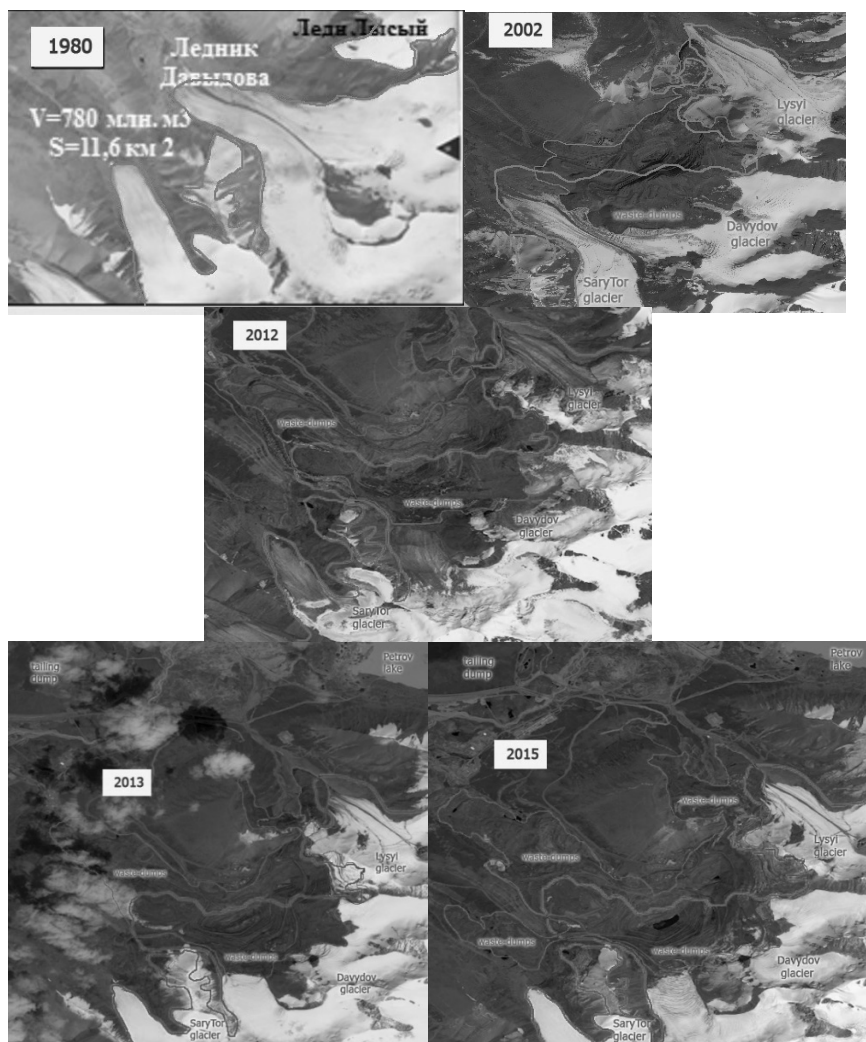


Figure 8. The grey lines are contours of glacier, red lines are territory of dumps in Kumtor gold mining

### Periodical Variations of glaciers in Kumtor gold mining

In Figure 8 is shown how to changed the area of glaciers and Kumtor mining.

### Digital Elevation Model (DEM)

In order to accurately remove the image distortions, a digital elevation model (DEM) is used to perform image orthorectification. The required DEM is generated by feature extraction (Figure 9) from high resolution stereo satellite imagery providing a DEM posting and accuracies standard when acquired with high resolution stereo

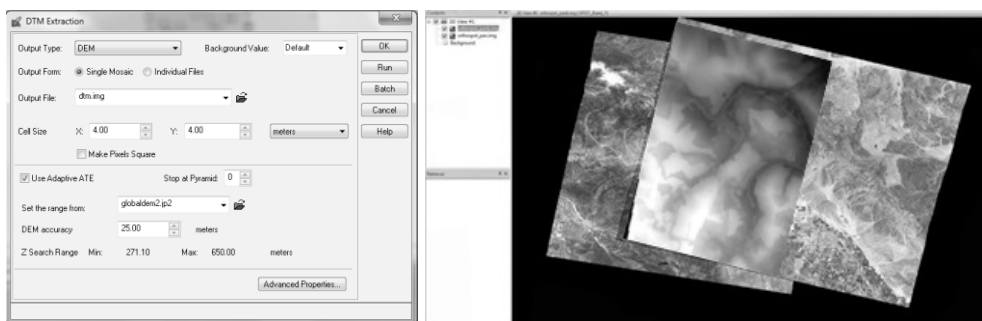


Figure 9. DEM extraction process and result

satellite sensors. Several factors are important for quality Elevation Models:

- Terrain roughness.
- Sampling density (elevation data collection method).
- Grid resolution or pixel size.
- Interpolation algorithm.
- Vertical resolution.
- Terrain analysis algorithm.

## Monitoring of displacements and deformations of the earth's surface

For the purpose of early detection of changes on the analysis and modeling for the condition dumps, focusing on the challenges of its detection and modeling using the method of interferometric processing of satellite stereo images (Figure 10). The proposed technology for monitoring the Earth's surface displacements can reduce the risk of emergencies and reduce their possible effects due to timely detection of displacements and deformations of the earth's surface. Determine the dynamics of motion dumps and movement of rock-glaciers dumps under extreme conditions (earthquakes, abnormal precipitation or a combination thereof) may take the form of a catastrophic nature in rapid displacement of enormous masses of glaciers-rock material.

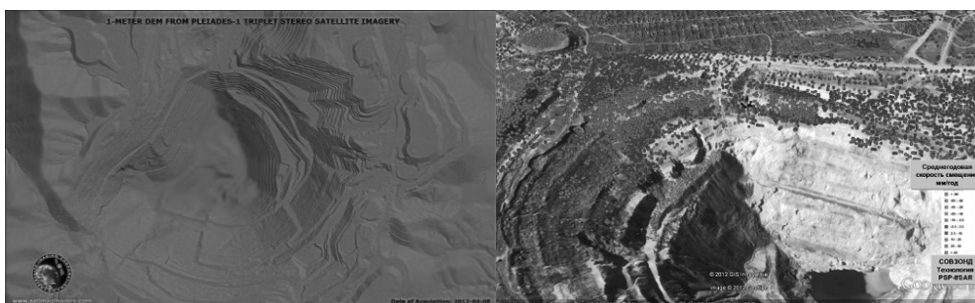


Figure 10. Illustrate the characterization of Earth's surface changes in technology using permanent scatterers

### Expected results

The proposed research is expected to determine the condition dumps study area using remote sensing. In this regard, the evaluation and analysis of the study area, to develop mining plans in the quarries and dumping should be based on the management of known and unknown risks, which may take place - i.e. decision making should be based on risk factors. Risk management - an area where the „Kumtor Operating Company” improvements are needed, which, when properly implemented can have a positive impact for future planning was carried out on the basis of a thorough assessment and modeling, taking into account the potential risks and costs of their administration. The results can help government organizations and agencies environment and appraisal costs. In addition, the simulation results may help to control the level of condition dumps in the region.

### Conclusion

Disallow storage of waste dumps on glaciers. Given the experience of development, should create a comprehensive Scientific and Technical Center to monitor the geological, hydrogeological, climatic, atmospheric phenomena in the mountainous area of the concession of mineral deposits. Development of recommendations on environmental, climate and technological safety in the mining industries, in collaboration with research institutions and experts and to develop a unified technical project of the subsequent combination rework (surface and underground) and mining in the area of environmental management in accordance

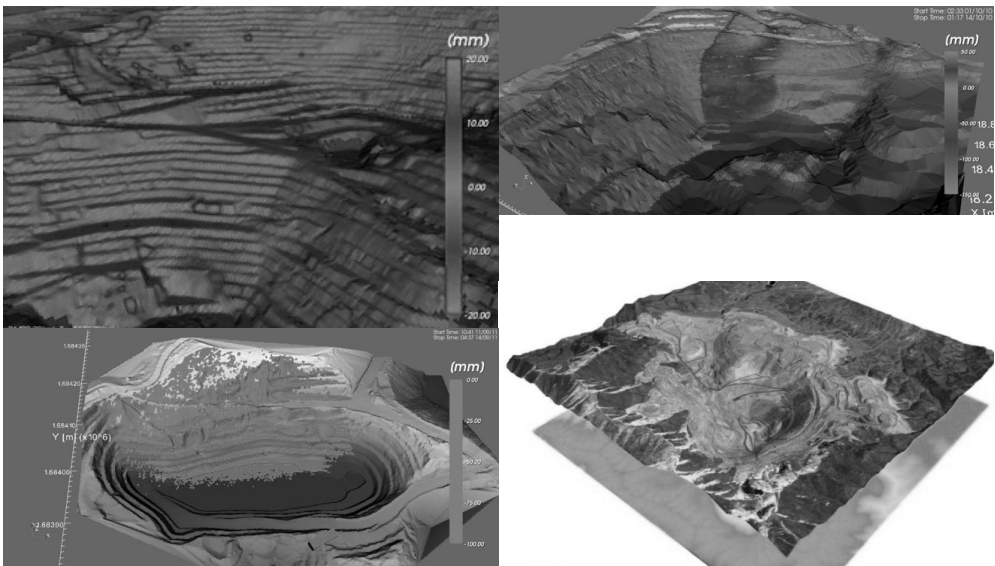


Figure 11. 3D Digital Terrain Model

with the legislative, regulatory acts of the Kyrgyz Republic. Selecting the location of dumps should be carried out taking into account the terrain, seismic, tectonic, geotechnical, hydrogeological, climatic, etc. conditions in the region. Position of dumps should not hinder the development of mining operations at the quarry (section). The territory forming the dumps must be protected against flooding groundwater and flood waters. Selection of sites for placement of dumps should be preceded by geotechnical and hydrogeological investigations, taking into account terrain model of remote sensing.

## References

- TORGEOV I.A.–ALESHIN Y.G.–AITMATOV I.T. (2012): Risk assessment and forecast of glacial processes on a high Kumtor (Kyrgyzstan). // Problems of natural hazards and reduce risks: International scientific and practical conference „GEORISK-2012”: Volume 2. Moscow: People’s Friendship University, pp. 72–77;
- JAPAROV S. ET AL.: The temporary parliamentary commission on verification and compliance with the study of CJSC „Kumtor Operating Company” standards and requirements for the rational use of natural resources, environmental protection, safety of production processes and social protection of the population in the area of impact of gold mine, as well as able to exercise state control;
- VE Kuzmichonok Dumps rock glacier Davydova (hr. Akshyirak, Tien Shan) // Glaciers and Snow, 2012, № 1 (117). - pp. 95–104;
- ROBERT E. MORAN, Ph.D. Kumtor Gold Facilities, Kyrgyzstan: Comments on Water, Environmental and Related Issues: September 2011, Michael-Moran Assoc., LLC Water Quality/Hydrogeology/Geochemistry Golden, Colorado, U.S.A.





# GIS support of digital forensics

Marianna Zichar

associate professor, University of Debrecen, [zichar.marianna@inf.unideb.hu](mailto:zichar.marianna@inf.unideb.hu)

**Abstract:** Law enforcement is always ready to adopt the achievements of any disciplines. Experts and professionals in any field should be aware of applicability of the knowledge they have. Digital forensics differs from traditional forensics in many aspects. A criminal investigation is conducted by members of law enforcement, but digital forensics may be used to explore data by organizations or individuals as well and is about discovering information from a digital device. This paper aims to overview the basics of digital forensics emphasizing where and how geospatial technologies including Geographic Information System can be applied.

## Introduction

Digital world has been opening new dimensions in every field of life. Nowadays, it is much easier and simpler to keep in touch with people living far away (email, Skype, social media, etc.), to store, share and look for any kind of information (web portals, digital archives, browsers, search engines, cloud applications), to facilitate administration (booking, banking, purchasing, etc), to acquire new skills (online courses, (video) tutorials), and the listing could be continued without end. Like the physical world, the digital one is also threatened by criminals. Digital world can be not only the object of a crime (e.g. hacking a website) but can be a tool of crime or can provide us evidences about crimes. Our task is to understand characteristics of available information in order to be able to recognize where tools of GIS can support the investigation.

Digital forensics differs from traditional forensics in many aspects. A criminal investigations is conducted by members of law enforcement, but digital forensics may be used to explore data by organizations or individuals as well. Digital forensics is the application of scientific principles to the process of discovering information from a digital device (GOGOLIN, G. 2013). The complex process is supported by software products, methods, regulations and requires a particular detailed, sometimes exhaustive work. Basically, any digital device can provide data for investigation not only computers (in any form), but printers, cell phones, mobile devices, GPS devices, storage media or other programmable devices. Geographic Information Systems (GIS) can enhance the process of cognitive interpretation of the hidden spatial information by recognizing the geospatial relationship between objects, people, scenes, events, etc (ZICHAR, M. 2013).



The basic steps of a digital forensic investigation (HARRINGTON, M.– CROSS, M. 2015):

- Seizure  
Obtaining and preserving computers, additional digital devices and/or media.
- Acquisition  
Data retrieval from devices resulted by the previous step.
- Analysis  
Examinations of data retrieved in the previous step to answer questions.
- Reporting  
Creating documentations about the evidentiary findings.

It is mainly the last two stages where a GIS expert can be involved into the investigation, but sometimes acquiring GPS data from a device can provide additional information about a case too.

### **Special tools of digital forensics**

This section is dedicated to give a brief overview about the most dominant tools (software, hardware, etc.) to undertake a proper investigation. The possible usage of GIS is discussed in the next sections. Computer forensic software is designed to extract data or evidence, while forensic hardware is mainly used to connect the physical parts of the computer to make it possible to extract data for use with the forensic software as soon as possible.

EnCase by Guidance Software is one of the most popular software that is applied to computer forensic investigations. It has many built-in forensic features, such as keyword searches, e-mail searches, web page carving, but provides also a scripting language for customization of the searches. Quick and easy report building belong to its strengths as well.

Forensic Toolkit (FTK) by Access Data is a court-cited digital investigations platform built for speed, stability and ease of use. FTK's database-driven, enterprise-class architecture allows you to handle massive data sets, and provides built-in data visualization and explicit image detection technology to quickly discern and report the most relevant material in your investigation.

Device Seizure (DS) by Paraben was the first mobile forensic tool on the market typically designed for forensically sound examinations of cell phones and other devices. It was the DS, that set the industry standard for mobile investigations.

The FRED (Forensic Recovery of Evidence Device) family of forensic workstations from Digital Intelligence consists of integrated forensic processing platforms. Besides the stationary configurations additional ones (for laboratory works, field works) are also available supporting the acquisition and examination of computer evidence.

WiebeTech field kit, as its name indicates, is a useful equipment for field use.

The core component consists of the write protect devices with interfaces for EIDE, SATA, and laptop hard drives.

Many other tools and technologies (commercial and open source) are available to assist the work of forensic examiners (GOGOLIN, G. 2013) but the detailed discussion is out of scope of this paper.

### **Roles of GIS in digital forensics**

A Geographic Information System traditionally consists of four components considering its functions: data input, data management, data analysis and data visualization. Depending on the field of application some of the components can be used more intensively, while other ones can be neglected. The emphasized component has to suit the objectives of the user. Not only commercial but open source GIS software products are available with different functionalities on the market. Concerning the data model raster and vector data models can be implemented in GIS applications.

New term of geospatial technology has been introduced recently referring to the triplet of GIS, Global Positioning System (GPS) and remote sensing (BOSSLER, J.D. ET AL. 2010), which can be considered "powerful extensions of the senses, revealing things that would be impossible to obtain in any other way" (GOODCHILD, M.F. 2008). By deleting the prefix geo, additional technologies, such as 3D laser scanning, can be assigned to the concept of spatial technology that can be utilized during the investigations. This paper focuses on how geographic information systems can support the process of digital forensic investigation, so technologies requiring special hardware devices are currently beyond the scope.

In the field of law enforcement GIS is often used for visualization purposes as well as for data analysis (PÖDÖR A. 2014). Crime mapping and analysis do not substitute for, but complete to other forms of crime analysis. Mapping of information means that the information having geospatial component is visualized in maps. The mapping can be classified into two groups with significant differences (*Table 1*). Direct mapping means that the data to be visualized is available in a format that can be opened by a GIS application. In most cases we have to do, often time consuming, preprocessing in order to start the visualization. Let us consider an indirect mapping process, where we would like to map the relations of a person whose emails are

*Table 1. Comparing types of mapping*

	Direct	Indirect
Availability of geospatial component of the information	Available	Not available
Time for preprocessing	Minimal	Can be significant
Special skills of the user	Not required	Required

available for us. The set of addressees has embedded geospatial information about the location of each address, but it has to be extracted before being able to visualize them. If the hard disk of a suspected person contains geotagged images, then his track can be reconstructed visually by less effort.

While mapping means that hidden information is captured mainly by the investigator based on the visual experience, analysis produces new information that can confirm or deny our hypothesis. In other words, mapping indicates who, what, when, and where, but analysis helps determine why and what it all means (BRUCE, C.W. 2001). At this point we have to careful which GIS application to use because the set of analysis tools are rather different. The range of applicable single analysis tools is wide enough not to be able to make a full list of them, but some of them: determining the shortest or fastest path, performing overlay operations, flow analysis, buffer analysis, location based queries.

Complex, detailed methods of analysing crime patterns and trends are also available. One of the leading methods is based on identifying clusters, that highlight geographic areas in which crime occurs at a rate higher than average within close spatial or temporal proximity, relative to the distribution of crime across the entire area of interest (TOMPSON, L.–TOWNSLEY, M. 2010).

Geographic profiling has to be mentioned too as a decision support tool that focuses on an investigation by providing both an optimal search strategy and a means of managing large volumens of information (BLOCK, R.–BERNASCO, W. 2009). It is mainly used in investigations of serial murderers, serial rapists, and serial arsonists and the process is usually based on indirect mapping.

## **GIS applications serving digital forensics**

After overviewing the tools this section demonstrates some open source applications which possess some of the tools. Let us consider first the Google Earth (GE) desktop application. The main functionality of GE is data representation on the virtual globe. Satellite images, predefined layers (Roads, Places, Borders and Labels, etc.) and custom content stored in KML files can be browsed in the 3D viewer. Recently the Pro version also became free, so now each of its tools are available without restriction, but the question is which of them can support digital forensic investigations. After observing the two versions the Pro seems to have more special capabilities that are useful for forensic investigations. Two features have to be mentioned here:

- **Geocoding addresses**

This useful feature can convert a description of location (such as address, place name) into explicit geographic coordinates that are needed for visualization. Fusion tables of Google, that is still in beta version, has also this feature and can generate a KML file with placemarks located on the addresses stored in the input dataset.

- Importing GIS data

Both vector (ESRI shapefiles or MapInfo tab files) and raster data (satellite or aerial photographs, elevation models, GeoTIFF, etc.) can be imported and display in the 3D viewer.

Unlike Google Earth, QGIS provides not only viewing but editing, and analysing data too and requires professional skills to use efficiently. It is free and open source so investigators may prefer it. QGIS supports many file formats including dxf, shapefiles, coverages, personal geodatabases, MapInfo and PostGIS. Concerning the analysis tools, QGIS have a number of analysis tools; it can replace many commercial application. The core capabilities of QGIS is extended by plugins; one of which enables geocoding. Furthermore, custom plugins can be developed using C++ or Python programming languages. A mobile version is currently being developed for Android. This version will be optimized for touch, multitouch or stylus input. The main advantage of this version will be that the geolocation of the device will be able to be used to create GIS features at the current position of the device.

## Conclusions

The current paper could demonstrate again, that GIS and, therefore, geoinformatics as a discipline is really interdisciplinary. Acquiring knowledge is only the first step that should be followed by exploring the different fields where our knowledge can be applied. In case of GIS, the digital forensic investigation is a special field, where lots of different GIS knowledge, tools and applications can enhance the process of solving a case. In the 21th century the information security plays an important role, that is why digital forensics investigations cannot be omitted but has to be supported.

## References

- BLOCK, R.–BERNASCO, W. (2009): Finding a serial burglar's home using distance decay and conditional origin-destination patterns: a test of empirical Bayes journey-to-crime estimation in The Hague, *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling* 6(3), pp. 187–211.
- BOSSLER, J.D.–MCMASTER, R.B.–RIZOS, C.–CAMPBELL, J.B. (2010): *Manual of geospatial science and technology*, Taylor & Francis, Boca Raton
- BRUCE, C.W. (2001): A thousand words for a picture. Is the overvaluation of GIS disrupting a critical balance in crime analysis? *Massachusetts Association of Crime Analysts, Crime Analysts' Round Table*
- DEZFOLI, F. N.–DEGHANTANHA, A.–MAHMOUD, R.–BINTI, N. F.–SANI, M.–DARYABAR, F. (2013): Digital Forensics Trends and Future, *International Journal of Cyber-Security and Digital Forensics* 2(2), pp. 48–76.
- GARFINKEL, S. L. (2010): Digital forensics research: The next 10 years, *Digital Investigation*,

Vol 7. pp. 64–73.

GOGOLIN, G. (2013): *Digital Forensics Explained*, Taylor & Fransics Group

GOODCHILD, M.F. (2008): Geospatial technologies and homeland security research. In Sui D.Z. (ed) *Geospatial technologies and homeland security: frontiers and future challenges*, vol 94. GeoJournal Library. Springer, Dordrecht, pp. 345–353.

HARRINGTON, M.–CROSS, M. (2015): *Google Earth Forensics, Using Google Earth Geo-Location in Digital Forensic Investigations*, Elsevier

PÓDÖR A. (2014): Bűnügyi statisztikai adatok és a bűnözéstől való félelem összehasonlítása Kalocsa példáján, Térinformatikai konferencia és szakkiállítás konferencia kiadványa, Debrecen, pp. 281–287.

TOMPSON, L.–TOWNSLEY, M. (2010): (Looking) back to the future: using space-time patterns to better predict the location of street crime, *International Journal of Police Science & Management*, 12(1), pp. 23–40.

ZICHAR, M. (2013): Geovizualizáció interdiszciplináris megközelítésben, Térinformatikai konferencia és szakkiállítás konferencia kiadványa, Debrecen, pp. 497–504.

# POSZTEREK

## Examination of the spatial heterogeneity of the soil conditions in a plow field with GIS tools

Dániel Balla<sup>1</sup> – Krisztina Makai<sup>2</sup> – Gergő Karancsi<sup>3</sup> – László Márta<sup>4</sup> – Péter Boda<sup>5</sup> – Norbert Barkóczi<sup>6</sup> – Marianna Zichar<sup>7</sup> – Tibor Novák<sup>8</sup>

<sup>1</sup> PhD student, University of Debrecen Department of Landscape Protection and Environmental Geography, balla.daniel@science.unideb.hu

<sup>2</sup> geographer, University of Debrecen Department of Landscape Protection and Environmental Geography, makaikriszti@gmail.com

<sup>3</sup> geographer, University of Debrecen Department of Landscape Protection and Environmental Geography, karancsigeri@gmail.com

<sup>4</sup> BSc student, University of Debrecen Department of Landscape Protection and Environmental Geography, mlaci2093@gmail.com

<sup>5</sup> BSc student, University of Debrecen Department of Landscape Protection and Environmental Geography, bodapeti@citromail.hu

<sup>6</sup> PhD student, University of Debrecen Department of Physical Geography and Geoinformatics, barkoczi.norbert@science.unideb.hu

<sup>7</sup> senior lecturer, University of Debrecen Faculty of Informatics Department of Computer Graphics and Image Processing, zichar.marianna@inf.unideb.hu

<sup>8</sup> senior lecturer, University of Debrecen Department of Landscape Protection and Environmental Geography, novak.tibor@science.unideb.hu

Due to the development of GIS, today we are able to process digitally the soil data that we took in the field. Since in Hungary soil mapping and surveying look back to a roughly 100 years old past, processing of the spatial data that are from different soil sampling is the key to developing new soil maps with higher accuracy. Using GIS tools we have the possibility to map areas, and thus to get an more accurate picture of the degree of spatial heterogeneity.

In the course of our work we dealt with the research of the soil condition of a plain area in the Nagy-Sárrét plot. Our aim was to unfold and describe the spatial variability of the soil conditions within a small and in any possible ways (relief, soil type, land use, agronomic treatment) integrated area, together with unfolding the possible reasons of the heterogeneity. Moreover we proposed to visualise and make analysable, clear and appraisable with GIS tools the data we collected in the field. In the course of our search we collected 20 soil samples from an area of 10 ha extension, besides we prepared 3, 100 cm deep soil profiles, collected samples and analysed them in the laboratory of Institute of Earth Sciences, University of Debrecen. We illustrated the heterogeneity on cartograms compiled with Surfer 11. We represented the genetic levels of the soil profiles made on the plot with RockWorks program. Based on the results of laboratory analyses we assigned the profiles to WRB reference

groups as well.

Considering microheterogeneity based on the topsoil's chemical reaction the plot shows mainly alkaline character, but it has acidic parts as well. In the point of calcium-carbonate content, the highest value was close to Nagyrábé 1. profile that was situated on the highest elevation. This is for having a calcic horizon, which refers to secondary carbonate accumulation in this soil profile. In point of the whole examined area the amount of the organic matter can be considered homogenous (1,4-2,3%). The electric conductivity shows a relative instability (100-500 $\mu$ S/cm).

In the case of the Nagyrábé 1. soil profile due to the deeply humus, base saturated, well-structured mollic horizon, and the calcium-carbonate accumulated calcic horizon that can be found below the mollic, we assigned it into the chernozem reference group. With the Nagyrábé 2. soil profile due to testing the possibility of the solonetz reference group, natric layer related requirements was realized. At the Nagyrábé 3. soil profile no calcic horizon was present below the mollic, in fact the whole profile was rather poor in carbonates so we classified the soil profile as belonging into the phaeozem reference group. The main outcome of our research is that quite serious differences can be appear in the soil properties even within a small distance with relatively homogenous parent material and negligible elevation differences. As a result of this we could identify soils belonging into 3 different reference groups within the tested plot.





# **Fényképekből generált felszínmodellek lehetőségei Kereskedelmi és OpenSource szoftver-környezetben (Agisoft Photoscan vs. VisualSFM)**

Bertalan László<sup>1</sup> – Barkóczi Norbert<sup>2</sup> – Szabó Gergely<sup>3</sup>

<sup>1</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
bertalan@science.unideb.hu

<sup>2</sup> PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
norbert.barkoczi@gmail.com

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.gergely@science.unideb.hu

A geomorfológiában széles körben alkalmazzák a légifotókon alapuló fotogrammetriai vizsgálatokat, melyek rövid idő alatt nagy mennyiségű adat rögzítését és kiértékelését teszik lehetővé. Míg a légi és földi lézerszkennerek egyaránt költséges technológiák, addig a (többképes) digitális sztereo-fotogrammetriai eszközökkel egyidejűleg állíthatók elő digitális ortofotók és domborzatmodellek is, melyek sokkal kisebb költségárfordítást igényelnek. A Structure-from-Motion technológia során a felszínről eltérő szögekből készített fénykép-sorozatok felhasználásával illetve nagy pontosságú koordinátákkal ellátott illesztő-pontok bevonásával állítható elő ortofotó-mozaik, georeferált pontfelhő ill. felszínmodell.

Tanszéki kutatásainkban több területen is alkalmazzuk ezt a módszert: folyóvízes terepasztal-kísérletek állapotainak felmérésekor, valamint a Sajó folyó mederfejlődésének, ill. parteróziójának drónokkal végzett monitoringja során. Ezek mellett alapkutatási jellegű vizsgálataink pedig az eltérő módszerekkel, paraméterekkel készülő felszínmodellek pontossági kérdéseire keresik a választ. Az ilyen elemzések kereskedelmi szoftvereken alapuló alkalmazásai mellett kíváncsiak voltunk arra, hogy milyen OpenSource lehetőségek segíthetnék elő a kutatási költségek további csökkentését. Az Agisoft PhotoScan egyszerű, felhasználóbarát feldolgozási folyamatával ellentétben az SfM-MvS (Structure from Motion – MultiViewStereo) algoritmuson alapuló VisualSFM széles körűen parametrizálható OpenSource szoftver. Alkalmas a képek összefűzését követően a durva és sűrű 3D pontfelhő létrehozására, viszont önmagában nem képes georeferálásra.

Vizsgálataink során arra keressük a választ, hogy a kereskedelmi és OpenSource SfM szoftverek által készült felszínmodellek és ortofotó-mozaikok között találunk-e lényeges eltéréseket, vagy egyaránt elfogadható pontossággal felhasználhatóak-e a geomorfológiai elemzéseink során.

*A kutatást támogatta a Debreceni Egyetem (RH/751/2015). This work was supported by the University of Debrecen (RH/751/2015).*

# Xbox Kinect szenzor alkalmazási lehetőségei a felszínmodellezésben

Bertalan László<sup>1</sup> – Szeghalmy Szilvia<sup>2</sup> – Barkóczi Norbert<sup>3</sup> – Szabó Gergely<sup>4</sup>

<sup>1</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, bertalan@science.unideb.hu

<sup>2</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék, szeghalmy.szilvia@inf.unideb.hu

<sup>3</sup> PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, norbert.barkoczi@gmail.com

<sup>4</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.gergely@science.unideb.hu

A DE Folyóvízes laboratóriumának terepasztalán végzett geomorfológiai-geoinformatikai vizsgálatainkhoz elengedhetetlen a gyors és pontos felszínmodellezés biztosítása. Ehhez egy új módszerrel kísérleteztünk, melynek során Kinect Xbox One szenzort használtunk. A szenzort a kísérleti terepasztal hosszanti tengelye felett mozgatva, 1 méterenként végeztünk méréseket. A szenzor érzékelési tartományának határán lévő részek pontosítása érdekében minden mérési pontban legalább 10, a szenzor felbontásának megfelelő, tehát 512×424 méretű mélységképet dolgoztunk fel. A mélységkép pontfelhővé alakítására és az RGB kép, valamint a mélységkép pontjainak összerendelésére is a Kinect for Windows SDK 2.0 beépített függvényeit használtuk. A pontfelhők, melybe csak az az érvényes mélység-értékkel rendelkező pontokat vettük fel, \*.ply formátumban kerültek rögzítésre. A Kinect Xbox One a mélységmérést a korábbi 360-as típussal szemben a már Time-of-Flight elven valósítja meg (SELL–O’CONNOR 2014), melynek eredményeként a felület szenzortól való távolsága kevésbé befolyásolja a mérési pontosságot, mint a Kinect v1 szenzor esetében. Még a 3-4 méter távolságra lévő felület mérésénél is csak 1-5 cm-es eltérésekkel kell számolni, és a magasabb értékek megjelenése csak az érzékelési tartomány szélén várható (PAGLIARI–PINTO 2015). Az általunk végzett méréseknél a terepasztal szenzorhoz legközelebb eső része kb. 2 m, a legtávolabb eső része kb. 6 m távolságra volt, azonban a több mérési pont lehetővé tette, hogy az utóbbi részek helyett, mindig egy közelebb eső mérési pont eredményeit használjuk fel.

***A kutatást támogatta a Debreceni Egyetem (RH/751/2015). This work was supported by the University of Debrecen (RH/751/2015).***

## Felhasznált irodalom

PAGLIARI, D.–PINTO, L. (2015): Calibration of Kinect for Xbox One and Comparison between the Two Generations of Microsoft Sensors. Sensors, 15.11: pp. 27569–27589.

SELL, J.–O’CONNOR, P. (2014): The xbox one system on a chip and kinect sensor. IEEE Micro (2): pp. 44–53.

# Erózió-akkumuláció a Sajó kanyarulatai mentén egy UAV szemszögéből

Bertalan László<sup>1</sup> – Szabó Gergely<sup>2</sup>

<sup>1</sup> egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, bertalan@science.unideb.hu

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.gergely@science.unideb.hu

A Sajó folyó bizonyos szakaszain napjainkban is intenzív és szabad kanyarulatfejlődés zajlik. A jelentős mértékű parterózió által veszélyeztetett mezőgazdasági területek jövőbeli védelme érdekében kiemelt fontosságú a változás térbeli-időbeli mértékének monitoringja, amihez egyre szélesebb körű lehetőségeket kínálnak a különböző távérzékelési eljárások, melyek közül gyors, pontos és olcsó megoldást tesznek lehetővé a pilóta nélküli repülő eszközökkel végzett felmérések.

Kiválasztott szabályozás nélküli szakaszok legintenzívebben fejlődő kanyarulatai mentén vizsgáltuk négy mintaterületen a laterális erózió mértékét. DJI Phantom 2 drónra szerelt GoPro Hero 3+ kamerával készített felvételekből generált ortofotók, lézeres mérőállomás valamint RTK GPS-mérések segítségével mértük fel a kanyarulatfejlődés dinamikáját. A drón alkalmazásával a hagyományos geodéziai mérésekhez képest rövid idő alatt készíthetők akár néhány cm-es térbeli felbontású ortofotók és felszínmodellek.

A vizsgált mintaterületek Ónod, Nagycsécs (2 db), Sajószentpéter ill. Kazincbarcika települések külterületére eső szakaszokon lettek kijelölve. Az eltérő jellegű kanyarulatok fejlődési üteme és eróziós tevékenysége is különböző eredményeket mutat, a poszteren ezeket a jellegzetességeket szeretnénk bemutatni.

***A kutatást támogatta a Debreceni Egyetem (RH/751/2015). This work was supported by the University of Debrecen (RH/751/2015).***



# Geoinformatikai módszerek alkalmazása a településföldrajzi kutatásokban

Burai Sarolta

II. éves Geográfus MSc hallgató, Debreceni Egyetem, buraisarolta@gmail.com

A települések kutatásával számos tudományág foglalkozik, melyek más-más nézőpontból közelítik meg a vizsgálat tárgyát, illetve az egymást követő periódusokban különböző irányzatok domináltak és eltérő kutatási módszerek váltak meghatározóvá. Felgyorsult világunkban a térinformatika az élet egyre több területén megjelenik, így a településmorfológiai vizsgálatok esetében is.

Kutatásom mintaterületének Debrecen egyik településrészét, Pallagot, illetve a megyeszékhelytől 10 km-re fekvő Bocskaikertet választottam, melyek a rendszerváltás után a nagyvárosból kiköltöző népesség célterületei lettek. Az elmúlt évtizedek dinamikus népességnövekedésének eredményeként a különböző morfológiai típusok, a lakóházak vertikális tagoltsága, illetve a területhasználat színes képet mutatva jelenik meg.

A felmérés keretében megvizsgáltam a terület minden földrészletét, ingatlanát. Feljegyeztem az épületek építési időszakát, típusát és vertikális tagoltságát, a kertek hasznosítását, jellegét, valamint a melléképületek jelenlétét és funkcióját. ArcGIS programban rögzítettem a felmérésekből származó attribútumadatokat, és tematikus térképeken ábrázoltam az egyes kategóriák térbeli eloszlását. Majd legközelebbi szomszéd indexet számoltam, illetve középpont elemzést végeztem.

Bocskaikertben egymás mellett jelennek meg a különböző korokban domináló, eltérő építészeti stílusban épült lakóházak. Ezzel szemben Pallagon a különböző évtizedekben épült házak egységesebb, homogénebb képet rajzolnak ki, melyből jól látható a településrész fejlődése, melyik irányba terjeszkedett, hol nyitottak meg új utcákat.

Vizsgálataim színterét egymás szomszédságában fekvő település, illetve településrész jelentette. A térbeli közelség és a hasonló adottságok ellenére azonban teljesen eltérő fejlődési utat jártak be a szuburbanizáció folyamatának betudhatóan, melyeket vizsgálataim is alátámasztottak. A poszter ezen vizsgálatok folyamatát és eredményeit tükrözi, átfogó képet adva a település jelenlegi állapotáról és az aktuális trendekről.



# Kőzetfizikai paraméterek becslése terepi mérések és digitalizált adatok alapján

Encs Balázs<sup>1</sup> – McIntosh Richard William<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.  
encsbalazs@gmail.com

A Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének kutatócsoportja 2015-ben kezdte el természetes kőzettestek állékonyságának terepi vizsgálatát a Bükk hegységben. Korábbi kutatási tapasztalataink (Püspöki 2005) és az irodalom áttekintése után úgy döntöttünk, hogy néhány paraméter mérésével komplex RMR (Rock Mass Rating) értékelést végzünk néhány feltárás kőzetén Bánkút – Ómassa térségében a Bükk hegységben.

A mérések a következő paraméterek megadására szolgáltak: egyirányú nyomószilárdság, tagoltság a RQD (Rock Quality Designation) Index alapján, tagoló felületek távolsága, tagoló felületek jellege (érdesség, vetőtükör, szélesség), víz jelenléte és a tagoló felületek iránya. Az egyes feltárásokat 12-20 méteres szakaszokra osztottuk és az egyes szakaszokat külön-külön értékeltük, majd ezek átlagolásával az egész feltárást jellemeztük. Az egyirányú nyomószilárdság értékét Schmidt kalapács segítségével mértük, szakaszonként 30 mérés átlagolásával. A tagoltság jellemzésére RQD Indexet vízszintes és függőleges irányban is mértünk a feltárásokon. A tagoló felületek távolságának jellemzésére szakaszonként 10-10 mérést végeztünk, kivéve, ha egy szakaszból állt a feltárás, ilyenkor 30 mérést végeztünk. A többi paramétert szemrevételezés alapján értékeltük szakaszonként.

A kutatási területen a paleozóos (karbon) korú Mályinkai Formáció fekete, bitumenes, kalciteres mészköve, a szintén paleozóos (perm) korú Nagyvisnyói Formáció hasonló megjelenésű mészköve (Mihalovits Tagozat), a triász korú Ablakoskővölgyi Formáció Homokkő Tagozata, valamint a szintén triász korú Gerennavári Mészkő Formáció szintén fekete, kalciteres mészköve alkotja a feltárásokat.

Mivel a terepi méréseket igen részletes dokumentáció kísérte, szerettük volna megtudni, hogy digitális eszközök segítségével milyen pontossággal lehet becsülni a terepen mért paramétereket. A digitális RMR számításhoz az egyirányú nyomószilárdság értékét irodalomból vettük a Mályinkai, Nagyvisnyói és Gerennavári Mészkőre vonatkozóan. Az RQD értékeket egy a terepen készült vázlat és fotók alapján készített, nagy részletességű, valósághű szelvényrajz digitalizált változatán mértük. A tagoló felületek távolságát is ezen a szelvényrajzon mértük, míg az egyéb értékeléseket a szelvényekről készített, nagy felbontású fotókon keresztül becsültük.

A két módszer alapján számított RMR értékek összehasonlításából kiderül, hogy a terepen és a digitális rajzokon, fotókon végzett mérések összevethető eredményt hoznak, nagyságrendi különbség nincs közöttük, illetve a különbségeke a

terepi mérések szórásán belül maradnak. Ez az eredmény alapot nyújthat arra, hogy olyan területeken, ahol más célból részletes terepi dokumentáció áll rendelkezésre az értékelendő feltárásokról, gyorsabban lehet közzéttest minősítést végezni, nem feltétlenül szükséges a paramétereket terepen mérni.

További célunk, hogy a nagy részletességű, valóságghű rajzokon mért paramétereket összehasonlítsuk a szelvényekről készített nagy felbontású fotókon mért (becsült) paraméterekkel és megvizsgáljuk, hogy kiváltható lenne-e a szelvényrajzolás a fotók alkalmazásával, ami nagy mértékben megkönnyítené és felgyorsítaná az értékelést.



### **3D modell építés Szarvas környéki mélyfúrások alapján**

Faragó Enikő

Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék 4032 Debrecen Egyetem tér 1

Poszterem témája fiatal kvarter földtani képződmények mélyfúrási adatokon alapuló modellezése, melyhez mintaterületként a Körös-medence egy részletét – Szarvast és néhány környező települést választottam.

A modell építés első lépése a rendelkezésre álló analóg litológiai alapadatok digitalizálása és rendszerezése, illetve az adatbázis létrehozása a Microsoft Excel és a Microsoft Access programok segítségével. A mélyfúrások karotázsait Adobe Photoshop 7.0 illetve a GeoGörbe EZ programmal végeztem el.

A létrehozott adatbázis alapján a GeoPlot program segítségével digitálisan újrarajzolhatóvá váltak a fúrások karotázs felvételeit, melyekhez hozzáillesztettem a litológiai leírásokból kinyert adatokat is. Az ábrázolás során könnyebb áttekinthetőség érdekében a karotázsgörbék közül csak a természetes potenciál, ill. természetes gamma és az ellenállás görbéket jelenítettem meg. A karotázsgörbék alapján újraértelmezett rétegsorokat SmartSkecht alkalmazásban jelenítettem meg. A karotázskorreláció során kijelölt réteghatárokat használtam fel a 3D modellek létrehozásához is.

A modellek a RockWorks földtani és hidrogeológiai modellező program segítségével készültek. A Borehole Manager alkalmazásba importált adatok alapján RockPlot 2D-vel szelvények, míg a RockPlot 3D-vel a közetváz és grid alapú sztratifráiai, és felszín modellek készíthetők el. A modelleket a jobb szemléltetés érdekében a legtöbb esetben túlmagasítva ábrázoltam.

Az elkészült modellek alapján kimutatható, egy jól látható déli irányultságú lejtés a vizsgált rétegekben, emellett megállapítható, hogy az eredeti földtani naplókban szereplő kvarter talp értékek módosításra szorulnak.

## A térinformatikai alapú termőhelyelemzés nemzetközi módszertani összehasonlítása

Hegy Balázs<sup>1</sup> – Ruszkai Csaba<sup>2</sup> – Nagy Richárd<sup>3</sup>

<sup>1</sup> tudományos asszisztens, Eszterházy Károly Főiskola, Innorégió Tudásközpont, hegyi.balazs@ektf.hu

<sup>2</sup> igazgató, Eszterházy Károly Főiskola, Innorégió Tudásközpont, ruszkai.csaba@ektf.hu

<sup>3</sup> tudományos munkatárs, Eszterházy Károly Főiskola, Innorégió Tudásközpont, nagy.richard@ektf.hu

A szőlő-termőhelykutatások egyre inkább előtérbe kerülnek mind hazai, mind nemzetközi szinten. A borászok igyekeznek egyedi, a termőhelyi adottságokat megjelenítő borokat előállítani, mindemellett az EU borpiaci reformja is a termőhelyet állította az eredetvédelemi szabályozás középpontjába. A termőhelyi kutatások azonban nem csak az előbb említett okok miatt nélkülözhetetlenek, a klímaváltozás hatására változó termelési feltételekhez történő alkalmazkodást is elősegíthetik.

Mintaterületként Egert és a vonzáskörzetéhez tartozó huszonkettő települést választottuk, mely terület legnagyobb része az Egri-Bükkalja kistájon található és az Egri borvidék jelentős részét fedi le. A borvidéken a szőlőtermesztés és borkészítés magasfokú igénye miatt kiemelt jelentőséggel bír a termőhelyek minősége, így a pontrendszerek összehasonlítására a kiválasztott terület kiválóan alkalmas.

A kutatás során a térinformatika mezőgazdasági jellegű termőhelykutatásban történő alkalmazási lehetőségeit vizsgáltuk. Az elemzési értékelést egy hazai és egy egyesült államokbeli szőlő termőhelyértékelési pontrendszer térinformatikai alkalmazásán keresztül végeztük el. A munka során rendelkezésre álló talajtani (AGROTOPO, Kreybig-féle talajismereti térkép) domborzati (10 000-es topográfiai térkép) és klimatikus (CARPATCLIM) adatok felhasználásával vizsgáltuk a pontrendszerek által meghatározott paramétereket. Az azonos mintaterületen, két különböző pontrendszer alapján térinformatikai módszerekkel létrehozott termőhelyalkalmassági térképeket összevetettük, és megállapítottuk az esetleges eltéréseket, hasonlóságokat, valamint feltártuk ezek okait.

A kutatás rávilágított a felhasznált adatbázisok hiányosságaira, az alkalmazott pontrendszerek térinformatikai alkalmazásainak nehézségeire, valamint arra, hogy az egyes termőhelyek részletes terepi felvételezés nélkül csak korlátozott mértékben értékelhetők.





# Térinformatikai alkalmazások a tájértékelésben

Kertész Ádám<sup>1</sup>– Pálincás Melinda<sup>2</sup> – Tóth Adrien<sup>3</sup>

<sup>1</sup> professor emeritus, MTA CSFK, kertesza@iif.hu

<sup>2</sup> tudományos segédmunkatárs, MTA CSFK, mplinka@gmail.com

<sup>3</sup> tudományos főmunkatárs, MTA CSFK, tot8371@helka.iif.hu

## Absztrakt

Az alkalmasság vizsgálatok a korszerű tájértékelés egyik legfontosabb területének tekinthetők. Arra a kérdésre adnak választ, hogy egy adott terület mely részei milyen mértékben alkalmasak valamilyen felhasználási célra. A térinformatikai módszerek alkalmazása új perspektívákat nyújt a tájértékelésben. A poszter a GIS módszerek térinformatikai alkalmazásával kapcsolatban három esettanulmányt mutat be. Az elő két példa a tájdegradációra és elsivatagosodásra való érzékenység vizsgálatáról szól. A Dunántúli dombságon a talajerózióra, a Duna-Tisza között az elsivatagosodásra való érzékenységet vizsgáltuk külön e célra kidolgozott indexek segítségével. A harmadik példa az egri modellrégió ökológiai potenciál vizsgálata. Az ökológiai potenciáltípus térkép megjelöli, hogy hol a legkedvezőbbek a feltételek a szántóföldi növénytermesztésre, szőlő- és gyümölcsstermesztésre, legeltetésre valamint erdőgazdasági hasznosításra. A térképet ezek után összevetjük a jelenlegi földhasználat térképével és javaslatot teszünk az optimális földhasználat lehetőségeire. A bemutatott példák igazolják, hogy a térinformatikai módszerek eredményesen alkalmazhatók a tájértékelési vizsgálatokban.

*Az itt bemutatott kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (108755 sz. projekt) és a TÁMOP (TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0016 sz. projekt) támogatta.*

*A támogatást ezúton is köszönjük.*

## Abstract

The application of GIS methods offers new perspectives in landscape assessment. The poster presents three examples of GIS applications in landscape evaluation. Sensitivity to land degradation and desertification is determined by indices in the first two examples. Soil erosion sensitivity is calculated and mapped for the territory of the Transdanubian Hills, sensitivity to desertification is determined and presented in the central area of the Danube-Tisza Interfluvium. Ecological potential of the Eger Model Region is shown in the third example. The map of ecological potentials indicates the areas offering various conditions for plant production on arable fields, vineyards and orchards. These maps are then compared with the map of present land use and suggestions are made for optimal land use. The examples show that the application possibilities of GIS methods lead to new results in landscape assessment.

*This research is supported by the National Research, Development and Innovation Office, project Nr. 108755 and by TÁMOP, project No. TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0016. The support is gratefully acknowledged here.*

## MNA alaptérképétől a Web GIS-ig

Kocsis Károly<sup>1</sup> – Agárdi Norbert<sup>2</sup> – Koczó Fanni<sup>3</sup> – Mezei Gáspár<sup>4</sup> –  
Nemerkenyi Zsombor<sup>5</sup> – Szabó Renáta<sup>6</sup>

<sup>1</sup> intézeti igazgató, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, kocsis.karoly@csfk.mta.hu

<sup>2</sup> tudományos munkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, agardi.norbert@csfk.mta.hu

<sup>3</sup> fiatal kutató, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, koczo.fanni@csfk.mta.hu

<sup>4</sup> kartográfus, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, mezei.gaspar@csfk.mta.hu

<sup>5</sup> tudományos munkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, nemerkenyi.zsombor@csfk.mta.hu

<sup>6</sup> tudományos segédmunkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, szabo.renata@csfk.mta.hu

A Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet koordinálásával készül Magyarország Nemzeti Atlaszának legújabb kiadása (MNA), amely az 1989-ben megjelent elődjéhez képest mind szemléletében, mind szerkesztésében új alapokon nyugszik. Az atlasz papír és digitális formában is elkészül, így lehetőség nyílik az atlasz interaktív megjelenítésre és folyamatos frissítésére. Újdonságként a felhasználók nemcsak Magyarország, hanem a Kárpát-medence természeti, társadalmi és gazdasági viszonyairól is tájékozódhatnak.

A cél az, hogy olyan digitális GIS alpanyagokat hozzunk létre, amelyek egyaránt megfelelnek a hagyományos kartográfiai elvárásoknak és az adatbázis-építés szabályainak. Kiindulásként megfogalmazott fontos szempont volt az is, hogy a webes felület lehetővé tegye az 1 : 500 000-nél nagyobb méretarányú felbontást, emellett SRTM domborzatmodellel és műholdfelvétellel történő összevetést is.

A készülő háttértérkép és a leendő tematikus tartalmak adatsűrűségének, pontosságának és részletességének meg kell felelnie azoknak az elvárásoknak, amelyek lehetővé teszik az előbbi célok megvalósítását.

Kihívást jelent az egyes térképek különböző levezetett méretarányú nyomdakész változatának elkészítése és az ezzel párhuzamosan történő tematikus adatbázis-tartalom feltöltése a webes interaktív publikáció támogatásához.

Az MNA projektről bővebb, további információk olvashatók a következő weboldalon: [www.nemzetiatlasz.hu](http://www.nemzetiatlasz.hu).

# **Geotechnikai és kőzetmechanikai adatok téradatbázisba integrálásának folyamata nyílt forráskódú eszközökkel a radioaktív hulladék elhelyezési vizsgálatokhoz kötődően**

Máté Kornél

PhD hallgató, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, matekornel@gmail.com

Hazánkban a tervezett új atomerőművi blokkok létesítésének jelenlegi telephely-vizsgálati munkálataival, Paks II. építésével párhuzamosan felértékelődik a radioaktív hulladékok végleges elhelyezésének kérdése. A felszín alatti radioaktív hulladéktárolók elhelyezéséhez kötődő földtani kutatás, a kihajtott vágatok és tároló kamrák monitoring rendszerei által szolgáltatott geotechnikai és kőzetmechanika adatok széles köre és a közöttük lévő térbeli összefüggések teljesebb feltárásának igénye indokolja egy ezen adatok számára létrehozandó téradatbázis kialakítási lehetőségeinek vizsgálatát.

A poszter célja bemutatni egy lehetséges módszert és folyamatot, mellyel egy felszínalatti radioaktív hulladéktároló kialakítása és üzemeltetése során szükségszerűen gyűjtendő geotechnikai és kőzetmechanikai adatok (vágatdokumentációs, magdokumentációs és kőzetmechanikai laboratóriumi), valamint a 3D modellalkotó és közel-fotogrammetriai adatgyűjtési eljárások szolgáltatotta adatok egységes téradatbázisba szervezhetőek.

A munka során a GIS eszköztárából megkerestem és előnyben részesítettem a nyílt forráskódú megoldásokat (a PostgreSQL objektum-relációs adatbázis kezelőt és ennek a térinformatikai kiegészítését, PostGIS-t) az adatok (attribútum, helyzeti és a geometriai) téradatbázisba szervezésére az SQL nyelv használatával és GIS függvények segítségével.

Lényeges eredménye a munkának, hogy kidolgozásra került egy algoritmus, melynek segítségével a létrehozott téradatbázisból (mely tartalmazhatja georeferáltan a vágatdokumentáció során keletkező adatokat, a magfűrészek dokumentálásának eredményeit, a laborvizsgálatok paramétereit és a vágatvégek 3D modelljeinek geometriai adatait) SQL parancsokkal és PostGIS függvényekkel lekérdezhetőek a közetkörnyezet különböző adatgyűjtési eljárásból származó adatok 3D-ben értelmezett térbeli közelségi kapcsolatai az attribútum adatok összefüggéseivel együttesen.



# A sűrített levegős energiatárolás perspektívái egy fenntartható energiarendszerben

Munkácsy Béla<sup>1</sup> – Havas Márton<sup>2</sup> – Harmat Ádám<sup>3</sup>

<sup>1</sup> egyetemi adjunktus, Eötvös Loránd Tudományegyetem, munkacsy.bela@ttk.elte.hu

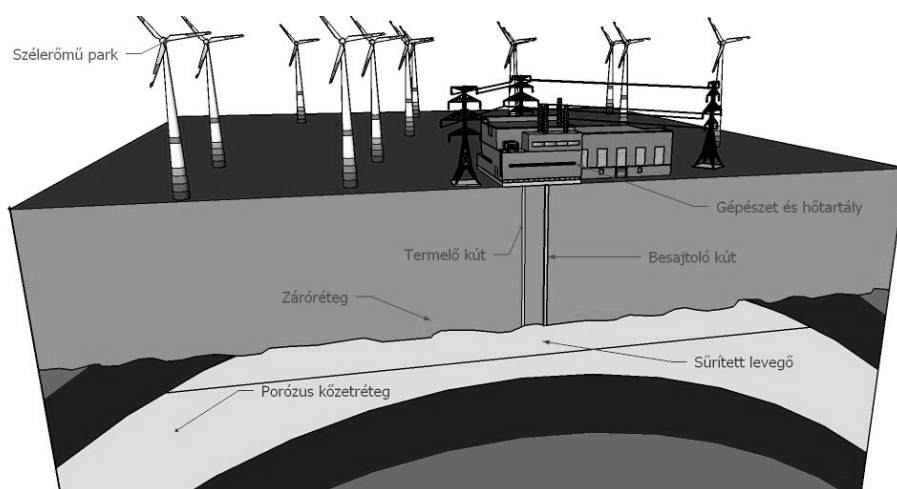
<sup>2</sup> hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem, havasmarton@caesar.elte.hu

<sup>3</sup> doktorandusz, Eötvös Loránd Tudományegyetem, harmatadam@caesar.elte.hu

A fenntartható energiarendszer magyarországi kiépítésének lehetőségét tizenöt éve kutatja az ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékének munkacsoportja Munkácsy Béla vezetésével. Tanulmányunk ennek a kutatási munkának egyik új állomásaként értelmezhető, ugyanis az eddigi vizsgálatokat az energiatárolás lehetőségeinek konkrét felmérésével egészíti ki.

A magyarországi adottságok ismeretében jól alkalmazható sűrített levegős energiatárolás (SLET) egy, a gyakorlatban már működő ipari méretű technológia. Ez lehetővé teszi, hogy abban az időszakban, amikor az áramtermelés meghaladja a fogyasztás mértékét, a felesleges áram és alkalmas földtani képződmény segítségével sűrített levegő formájában energiát tároljunk.

Tanulmányunk a sűrített levegős energiatárolás magyarországi megvalósíthatóságát – multidiszciplináris megközelítésben – térinformatikai, energetikai, környezeti, földtani és társadalmi-gazdasági szempontból vizsgálja, valamint arra keresi a választ, hogy ez az energiatárolási technológia mennyiben tudna hozzájárulni az időjárás függő megújulóknak minél nagyobb arányú szerepvállalásához a hazai villamosenergia-rendszerben.



1. ábra A szélturbinák és a SLET együttműködése (Havas M.)

# **Egy kisvízfolyás hidrológiai modelljének kiépítése HEC-RAS környezetben**

Nagy Bálint

BSc hallgató, DE-TTK Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, nb.geo.1994@gmail.com

Kutatásom céljából a Ronyva-patak Sátoraljaújhelyen keresztülhaladó közel 4 km-es szakaszának és a vízfolyás 5+920 és 3+561 fkm-ét összekötő Ronyva-árapasztó medernek, valamint közvetlen környezetük hidrológiai modelljének kiépítését, és az elkészített modellkörnyezetben hipotetikus és valós vízállás, illetve vízhozam adatok alapján modellek futtatását tűztem ki.

A szükséges információkat 1:10 000 méretarányú EOTR szelvényekből, az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság segítőkész adatszolgáltatásának köszönhetően a két meder hossz-, és keresztshelvényeiből, vízhozam és vízállás adataiból, valamint a terepi kiszállásaim során tapasztaltak alapján nyertem ki.

A modellezéshez az USA Katonai Mérnöki Karának Vízügyi Mérnöki Központja által 1964 óta folyamatosan fejlesztett, nyílt forráskódú HEC-RAS programot használtam. A HEC-RAS pontos működéséhez szükséges, geometriai adatok bevitelére az ArcMap szoftverbe beépülő HEC-GeoRAS modult alkalmaztam.

A modell alapját képező DDM generálására a kapott 1:10 000 méretarányú EOTR szelvényeket és a medrek hossz-, valamint keresztshelvényeit használtam. Ezután felvételre kerültek a középvonalak, a partok vonalai és a lehetséges áramlási határok. A víz áramlására jelentős hatást gyakorol a vele érintkező felszín. Ennek a számszerűsítésére szolgáló érték a Manning-féle érdességi együttható. A mederre és közvetlen környezetére terepi bejárás során, a távolabbi környezetre ürfelvétel kiértékelésével nyert, területhasználati térkép alapján állapítottam meg, míg a beépített területeken vektorizáltam az eltérő felszínborításokat. Majd hozzájuk rendeltem a megfelelő együtthatókat.

Az említett adatok beviteléhez a vízfolyás középvonalára merőleges keresztshelvényeket vettem fel, majd a HEC-GeoRAS segítségével importáltam a geometriai adatokat és a TIN modellt. Az importált geometria adatokhoz hozzárendelt vízhozam és vízállás adatokkal pedig lefuttattam a kapott adatok időintervallumában a patak modelljét, valamint modelleztem fiktív nagyvizekkel is. Ezek esetén előntéseket is szimuláltam a környező területekre.

A létrehozott 1D modellkörnyezet a vízfolyásra, valamint a környező területeket is magukba foglaló 2D áramlási környezetekkel kiegészítve futtatott modellek eredményei a későbbiekben felhasználhatóak lehetnek az esetleges árvizek elleni védekezésre. Ezen felül pedig kellően szemléltetik egy HEC-RAS modell kiépítésének és futtatásának fázisait.

# Novaj község térinformatikai alapú agroökológiai döntéstámogató rendszere

Nagy Richárd<sup>1</sup> – Ruszkai Csaba<sup>2</sup> – Molják Sándor<sup>3</sup> – Hegyi Balázs<sup>4</sup>

<sup>1</sup> tudományos munkatárs, Eszterházy Károly Főiskola, Innorégió Tudásközpont, nagy.richard@ektf.hu

<sup>2</sup> igazgató, Eszterházy Károly Főiskola, Innorégió Tudásközpont, ruszkai.csaba@gmail.com

<sup>3</sup> tudományos asszisztens, Eszterházy Károly Főiskola, Innorégió Tudásközpont,  
moljak.sandor@ektf.hu

<sup>4</sup> tudományos asszisztens, Eszterházy Károly Főiskola, Innorégió Tudásközpont, hegyi.balazs@ektf.hu

Az agroökológiai kutatások célja, a mezőgazdaság által igénybe vett környezeti erőforrások optimális hasznosítása, a környezet egyidejű védelme, állapotának megóvása. A helytelen földhasználatból származó problémák (terméscsökkenés, talajerózió stb.) gazdaságilag is mérhető veszteségeket okoznak. Ennél fogva mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból kiemelt fontosságú a táji adottságoknak megfelelő gazdálkodás (tájgazdálkodás) megvalósítása.

Modelltelepülésként az Egri-Bükkalján, közvetlenül az Alföld szomszédságában elhelyezkedő Novaj települést választottuk, ahol a helytelen földhasználat következtében már több esetben művelésmód váltásra is sor került. A település területét eróziós és deráziós völgyek tagolják, domborzati szempontból élénk relieffel, változatos mikroklimával rendelkezik. A természeti tényezők heterogenitása a termőhelyek változatosságában is megmutatkozik.

A rendszer kiépítése során térinformatikai adatbázist hoztunk létre, amely tartalmazza a környezeti erőforrásokra vonatkozó geológiai, talajtani, domborzati, klimatikus (CARPATCLIM adatbázis alapján előállított) rétegeket, illetve az ezekből származtatott fedvényeket, úgy, mint az erózió-veszélyeztetettség, lejtőkategória és globálsugárzás térképek. A földhasználatra vonatkozó információkat a Nemzeti Kataszteri Program keretében felmért digitális kataszteri térkép alapján integráltuk az adatbázisba.

Meghatároztuk a modelltelepülés optimális földhasználati rendszerét, figyelembe véve a védett és beépített területeket is. Ezt összehasonlítva a jelenlegi földhasználattal rávilágítottunk a kritikus, tájvédelmi szempontból érzékeny területekre. Javaslatot tettünk azok optimális hasznosítására.

A rendszer hozzásegíti a helyi termelőket az ún. „*smart farming*” gazdálkodáshoz, ahol a termelés és kutatás során keletkező információk beépülnek a döntési folyamatokba, ezzel is elősegítve a környezeti tényezők megóvását, csökkentve az ebből származó gazdasági veszteségeket.



# **A térinformatika alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata Pétervására vonzáskörzetében**

Petróczi Tamás

MSc hallgató, Debreceni Egyetem TTK, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
petroczi1993@gmail.com

A kutatás során a Felső-Tarnavidék térinformatikai adatbázisát hoztam létre különböző tematikus térképi állományok integrálásával. Megvizsgáltam, hogy az eltérő forrásokból származó adatokat miként lehet egységes térinformatikai adatbázisba szervezni, az inadekvát adatokat kiszűrni.

Az adatbázis alapját az 1:25 000 és 1:10 000 méretarányú Gauss-Krüger; illetve az 1:10 000 léptékű sztereografikus térképlapok képezték, amelyekről tematikus tartalmakat vektorizáltam. A kataszteri térképek digitális formában álltak rendelkezésemre, de nem megfelelő adatszerkezetben és heterogén adatminőségben. Támaszkodtam továbbá a CARPATCLIM klimatológiai és a CORINE2006 felszínborítottsági adatbázisokra. Felhasználásra kerültek a mintaterület településeinek digitális közműtérképei és egy geológiai térkép (BUDAI T. ET AL. 2010).

A kutatás rávilágított arra, hogy a különböző eredetű adatok integrációja lehetséges és kívánatos. Az egyes térképi állományok tematikus és geometriai hibáit feltártam és más térképi források felhasználásával javítottam. Szemléltettem a leggyakrabban előforduló hibákat (konzisztencia probléma, hiányzó minőségi értékek, stb.).

## **Felhasznált irodalom**

BUDAI T.–GYALOG L. (szerk.) (2010): Magyarország földtani atlasza országjáróknak, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest





# A csillagászati ismeretek megjelenése a közoktatásban

Schlachter Gabriella

BSc hallgató, Debreceni Egyetem TTK, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
sgabriella0326@gmail.com

A magyar közoktatásban a csillagászat szerepe csökkenő, melynek oka többek között a földrajzi keretóraszámok permanens visszaesése, emiatt a tanmenet mennyiségi és minőségi átszerkesztése elkerülhetetlen. A földrajz természettudományos elfogadottsága az elmúlt évek során megingott, ami abban is érződik, hogy a földrajzot már nem sorolják a tisztán természettudományi tárgyak közé.

Az általam vizsgált évfolyamoknál a csillagászati témakörök százalékos megoszlása fokozatos csökkenést mutat, ezért célomul tűztem ki annak a vizsgálatát, hogy hogyan hat ez a diákok Univerzumunk működéséről alkotott képére.

Retrospektív vizsgálatom során a Nemzeti Alaptanterv és a Kerettantervek adatait elemeztem és használtam fel. Reprezentatív kérdőívezéssel felmérem a különböző évfolyamokon lévő diákok érdeklődését a csillagászat iránt és az Univerzumról alkotott képüket. A kapott kép esetleges kibővítésére vonatkozó módszereket, eszközöket felkutatok. Továbbá, szeretnék egy, a Galilei-holdakkal kapcsolatos kísérletet végezni, mellyel a Föld belső és külső folyamatainak elmélyítése is elősegíthető.

Eredményként szeretném kimutatni azt, hogy milyen fokú a diákok Univerzumról alkotott képének „helyessége”, továbbá azt, hogy a vizualitás, mint tanítási metódus, mennyire fontos a közoktatásban. Ez a téma még további jövőbeli kutatások alapját képezheti, eredményeim elemzését pedig geoinformatikai környezetben végzem el.



## A 2015-ös debreceni nyári hőhullámok vizsgálata

Szegedi Sándor<sup>1</sup> – Lázár István<sup>2</sup> – Papp László<sup>3</sup> – Tóth Tamás<sup>4</sup>

<sup>1</sup> egyetemi docens, DE TTK Meteorológiai Tanszék, szegedi.sandor@science.unideb.hu

<sup>2</sup> egyetemi tanársegéd, DE TTK Meteorológiai Tanszék, lazar.istvan@science.unideb.hu

<sup>3</sup> PhD hallgató, DE TTK Meteorológiai Tanszék, papplaci1990@gmail.com

<sup>4</sup> egyetemi adjunktus, DE TTK Meteorológiai Tanszék, toth.tamas@science.unideb.hu

2015 nyara kiemelkedett magas átlaghőmérsékletével, a nyári hónapok átlaghőmérséklete 1,9°C-kal haladta meg az 1981-2010-es évek átlagát. A tavalyi nyáron 41 hőségnapot ( $t_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$ ) regisztráltak országos átlagban szemben az átlagosan jelentkező 22 nappal. Forró napból ( $t_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$ ) 13 fordult elő, míg az átlag mindössze 2 nap. Ez a szokásosnál is nagyobb meleg jelentős megterhelést jelentett az emberi szervezetre, különösen a kisgyermek, idős, illetve szív-és keringési rendszeri megbetegedésekben szenvedők esetében. A városi környezet kiemelt kockázattal rendelkezik ebből a szempontból.

A városok beépített területén a klímaelemek jelentős mértékben módosulnak a beépítetlen területekhez viszonyítva. A módosulások alapvetően a városi felszín eltérő energiagazdálkodásával magyarázhatók. A városi felszín természetestől eltérő geometriája, hőtani tulajdonságai és vízháztartása oda vezet, hogy a beépített területeken megnő a felszín és légkör felmelegítésére fordított hőmennyiség, a szenzibilis hő részesedése az energiaegyenlegen belül. Ennek következtében a városi környezetet általában magasabb hőmérséklet jellemzi, mint a vele szomszédos természeteshez közeli beépítetlen területeket. A magasabb hőmérséklet a beépített területek lassabb napnyugta utáni lehűlési üteméből adódóan főként az éjszakai magasabb hőmérsékletekben nyilvánulnak meg, ami különösen diszkomfortossá teheti az pihenési időszak hőmérsékleti viszonyait városlakók számára.

A vizsgálat alapfeltételezése az volt, hogy a városi hősíziget hatására gyakoribbak a termikus diszkomforttal jellemezhető éjszakák a beépített területen, mint a városon kívül. Ezt vizsgáltuk a város kertés családi házas övezetében és a városon kívül telepített automata meteorológiai állomás 2015 nyári adatsorainak összehasonlítása útján. Az adatsorokból leválogattuk a nyári napokat ( $t_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$ ), hőség és forró napokat, további megvizsgáltuk, hogy az éjszakai órákban mely időszakokban haladta meg a léghőmérséklet a még komfortosnak tekinthető 25°C-os értéket. A városi és városon kívüli területre vonatkozóan összehasonlítottuk a kapott adatokat.



# MELLÉKLETEK



## TopoDOT – mérnöki rajzok kiértékelése pontfelhőkből

Magos Gábor

ügyvezető igazgató, MindiGIS kft., gabor.magos@mindigis.hu

Napjainkban lehetővé vált környezetünk természeti és épített valóságának centiméteres pontossággal történő részletgazdag térbeli felmérése, az előállt adatok könnyű és gyors elemzése, valamint a felmért adathalmazból mérnöki rajzok hatékony és pontos kinyerése. A felmérés történhet a levegőből, a földfelszínen mozgó járműből, meghatározott pozíciókból, de akár kézből is egy átlagos fényképezőgéppel. Ez az új technológia paradigmaváltást hozott a geoinformatikában az elmúlt években, számos új alapvetéssel és eszközzel.

### **Nagyságrendekkel gyorsabb felmérési technika, mint valaha**

A sok milliárd mért pont – a pontfelhő – már önmagában is kezelhető a Geoverse szoftver segítségével, így a felhasználók jó része ki is tudja nyerni a számára fontos információkat a mérés eredményéből: mint egy játékprogramban könnyűszerrel navigálhat a pontfelhőben, abban lekérdezheti bármelyik pont EOY koordinátáit, Balti magasságát, megmérheti két tetszőleges pont távolságát, magasságkülönbségét. Elvégezheti a geodéta munkáját a képernyőn, ráállva a kívánt pontokra és azokat kiexportálva egy koordináta listába.

A mérnöki világnak a tervezéshez azonban értelmezett adatokra van szüksége, ezért az esetek egy részében szükség van a pontfelhők kiértékelésére, melynek során a mérési eredményt értelmezve az adott mérnöki szakág terminológiája szerinti vektoros rajzokat kell előállítani. Ez a művelet rendkívül időigényes, a kiértékelés ideje a felmérési idő húsz, de akár százszorosa is lehet. Ráadásul a szkennerek is napról napra egyre gyorsulnak, míg öt éve még a 40 ezer pont került felmérésre másodpercenként, mostanra már az a szám elérte az egymilliót. Nem véletlen, hogy informatikai világ „aranyásói” most ezen a vidéken gyülekeznek, hogy megtalálják a leggyorsabb megoldást a kiértékelésre.

### **A gép sosem lehet elég okos**

Nagyon sokan keresik a teljesen automatikus kiértékelési technológiát, amivel megtakarítható a lassú és költséges emberi munka. A természetes és épített világ sokszínűsége és bonyolultsága miatt azonban nem lehet pár egyszerű szabállyal leírni

a valóságot, ezért az automatikus módszerek mindig vétenek emberi szemmel butának tűnő hibákat (például a párkányon ülő galambot is az épület részeként értelmezik). Mindig ellenőrizni és javítani kell a gép munkáját, és ettől kezdve az automatikus módszer kiegészülve az emberi ellenőrzés és javítás munkájával már egy nem túl hatékony fél-automatikus módszernek tekinthető.

Minden eddigi tapasztalat azt mutatja, hogy már a kiértékelés során érdemes az emberi intelligenciát a gép gyorsaságával ötvözni, és ez hozza a leggyorsabb és legpontosabb eredményt. Ezt hívják fél-automatikus kiértékelési módszernek.

### **A monitor sík, a pontfelhő térbeli**

A 3D tartalmak egzakt kiértékelésének igényével egyidős a feladat, hogy hogyan lehet a sík monitoron a tér mélységét meghatározni. Több segédeszköz is született ennek feloldására, de továbbra is alapvetés, hogy a sík képernyőn a vele párhuzamos síkokon lehet a leghatékonyabban pontos szerkesztést végezni. A tapasztalatok szerint a 3D-s kiértékelést fel kell bontani 2D-s kiértékelések sorozatára, melyeknek eredményéből származtatva alakul ki a 3D-s vektoros rajz.

Ez módszer azért is hatékony, mert az épített világ jelentős részének a kottája, a „lelke” is két dimenziós, gondoljunk csak a különböző profilokra, jellemző metszetekre, alaprajzokra. Az emberi gondolkodás is síkba kényszerített attól a ponttól kezdve, hogy első rajzainkat sík papírlapokra vetjük és nem a levegőbe rajzoljuk.

### **Nem mindig azt kell rajzolni, amit látunk**

Az épített világunk számos mérnöki terület tervei alapján épül szerves egésszé. A térbeli felmérés során erről a sokszínű világról és a benne élő természetéről készül egy homogén értelmezésű pontfelhő. Ebből kell kinyerni két dimenziós kiértékelések sorozata által egy adott mérnöki szakág terminológiája szerinti műszaki rajzokat.

Gyakori az, hogy egy adott pontfelhő metszetben nem a legjellemzőbb tartalmat látjuk, vagy azért, mert például egy épület tagozatának profilja pont ott sérült, vagy az építők pont ott rontották el a kivitelezést. Ezért gyakori az, hogy nem azt rajzoljuk, amit látunk, hanem azt, amit azon a helyen a mérnöki szabványok elvárnak adott tőréséken belül. Ehhez szükséges az adott mérnöki szakág rajzi terminológiájának alapos ismerete.

### **TopoDOT – hatékony segítség pontfelhők mérnöki kiértékelésére**

A TopoDOT egy MicroStation környezetben futó professzionális pontfelhő-kiértékelő szoftver, melynek automatikus és fél-automatikus eszközeivel gyorsan és könnyedén nyerhető ki három dimenziós vektor adat lézerszkennerral készült pontfelhőkből.

A TopoDOT, mint a legtöbb szoftver Amerikából jött, de ellentétben a többi elterjedt szoftverrel nem egy cégóriás, hanem egy fiatal, innovatív cég terméke. A korábban felsorolt megközelítések mindegyikét magában foglalja, azaz jórészt fél-

automatikus, 2D-s kiértékelésekben segíti a felhasználót, és újabb eszközei segítik a mérnöki szabványok illesztését a pontfelhőre a megadott tűrések között.

### **Szkennelési projektek költségbecslése**

A TopoDOT testvéralkalmazásai ingyenesen elérhetők az interneten. A TopoPlanner és TopoMission segítségével nagy felbontású úrfelvételeken tervezhető meg a statikus szkennelés álláspontjainak helye (TopoPlanner), illetve a mobil szkennelés útvonala (TopoMission), kiszámolva a várható időt és költségeket.

### **Pontfelhők illesztésének minőségellenőrzése**

A felmérés után, de még a kiértékelés megkezdése előtt meg kell győződni arról, hogy a rendelkezésre álló pontfelhő megfelel-e a minőségi elvárásoknak. A TopoDOT erre szolgáló eszközeivel leellenőrizhető a pontfelhők egymáshoz illesztésének pontossága, illetve a felmért pontok sűrűsége.

### **Pontfelhők előkészítése a feldolgozásra**

A szkennerből kijövő pontfelhők nagy méretük miatt sokszor kezelhetetlenek, a feldolgozáshoz szükséges információkon túl rengeteg „felesleges” pontot tartalmaznak. Ennek megoldására a TopoDOT segítségével könnyebben kezelhető, kisméretű blokkokra darabolható a pontfelhő, majd vertikálisan is tovább osztályozható a felszíntől való távolságok szerint.

### **Vektorizálási eszközök**

A pontfelhők előkészítése után kezdődhet a vektoros objektumok kiértékelése. A TopoDOT automatikus és fél-automatikus eszközei mind az útfelszín egy-egy jellegzetes részére specializálódtak. Ezek az eszközök úgy lettek megalkotva, hogy a felhasználónak ne kelljen elvesznie a 3 dimenziós pontfelhő sűrűjében, a 3D-s teret sokkal könnyebben kezelhető és átlátható 2D-s síkokra osztva értékelheti ki.

### **Járdaszegély kiértékelés**

Kifejezetten a járdaszegélyek vektorizálásához létrehozott eszközével egyszerre lehet kiértékelni a szegélyek összes jellemző vonalát. A járdaszegély irányának meghatározása után, egy keresztmetszetben lépésről lépésre bejelölve a jellemző töréspontok helyét a szoftver létrehozza a járdaszegély 3D-s modelljét.

### **Útfelület jellemző pontjainak kinyerése**

Könnyen kiértékelhető egy-egy útszakasz aszfaltozásának minősége az erre specializált eszközzel. Az út futásirányának meghatározása után, a szoftver automatikusan megkeresi az út jellemző töréspontjait, amely segítségével pontosan rekonstruálható annak állapota.

### **Terepfelület jellemző pontjainak kinyerése**

Az erre specializált eszközzel a terepfelszín jellemző töréspontjai nyerhetők ki a legnagyobb pontossággal, a növényzet kiszűrésével, előzetes klasszifikáció nélkül.

A másodpercenként több ezer lerakott pontból részletes terepmodell készíthető.

### **Intelligens objektumok beillesztése**

A TopoDOT segítségével a hagyományos, MicroStation-ben megismert 3D-s objektumok (cellák) pontfelhőre helyezése is rugalmasabbá vált, ugyanis azokat már csak felülnézetből kell a megfelelő helyre helyezni, vertikálisan a TopoDOT igazítja őket a pontfelhőre. Az úgynevezett intelligens cellák használatával olyan cellák hozhatók létre, amelyek töréspontjai elhelyezéskor rugalmas módon hozzáigazodnak a szomszédos modellhez.

### **Felsővezetékek vektorizálása**

A vezetékek helyét a tartóoszlopok két oldalán felvett keresztmetszetben megadva, a szoftver a pontfelhőt követve megfelelő hajlású görbével összeköti a két oszlop közt feszülő távvezetéseket.

### **Csővezetékek modellezése**

Az erre specializált eszköztár segítségével könnyedén modellezhető le a pontfelhőben található csővezeték, annak csatlakozásai, és szerelvényei.

### **Vasút vektorizálása**

A vasúti pályatest irányát egy rövid szakasszal megadva, az eszköz végigrajzolja annak futását teljes hosszában. A sínek pontos helyzetének kiértékeléséhez, lépésről lépésre elhelyezhető a sín előre megrajzolt profilja a keresztmetszetekben, és így előáll a két sín futásának pontos helye. Az eszköz által lerakott profilokból és vonalból látványos sín-modell készíthető.

### **Ütközésvizsgálatok**

Megvizsgálható egy tervezett közlekedési útvonal biztonsága is. Közvetlenül a pontfelhőből, modellezés nélkül megtudható, hogy a tervezett útvonalon a közúti, vagy vasúti jármű találkozhat-e belógó objektumokkal.

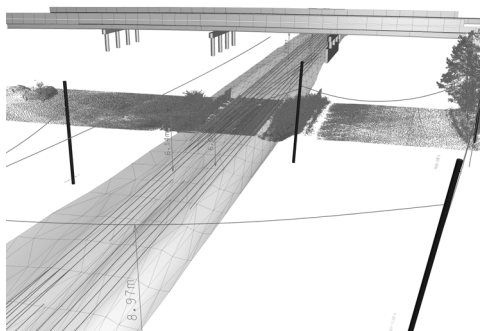
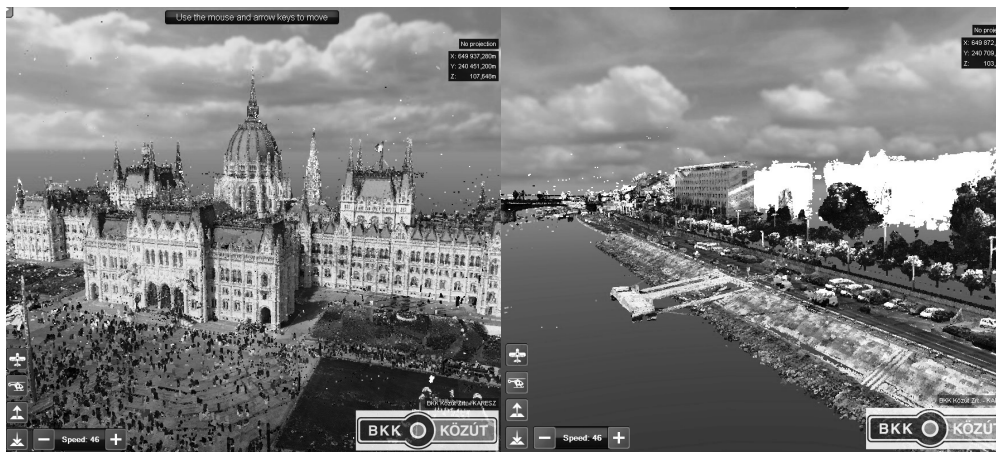
### **Alagút**

Alagút kiértékeléséhez meg kell adni annak középvonalát, ami mentén az eszköz automatikusan megkeresi a falak töréspontjait. A kapott pontokból és vonalakból látványos modellt készíthető.

### **Magyarországi referencia: Budapest teljes közúthálózatának felmérése**

A Budapest Közút Zrt. (régi nevén BKK Közút Zrt.) 2013 elején vágott bele egy új, pontos és részletgazdag közúti nyilvántartás létrehozásába. Beszerezték a legjobb mobilszkenelési és kiértékelési technológiákat, és nekiálltak Budapest 4300 kilométernyi közútjának 3D felmérésébe, amivel mára már végeztek. Korábban soha nem látott adatmennyiség gyűlt össze, melynek kiértékelése jelenleg is tart

többek között TopoDOT szoftver segítségével. A MicroStation professzionális CAD eszközeit kiegészítik a TopoDOT hatékony pontfelhő-kiértékelő eszközei, valamint a MindiGIS Kft. által fejlesztett speciális kiértékelő eszközök melyek a munka gyorsaságát hivatottak jelentősen megnövelni.



[www.mindigis.hu](http://www.mindigis.hu)



# CAD+Inform

## **CAD+Inform Kft. tevékenységének bemutatása**

A CAD+Inform Kft. közel 25 éve van jelen a hazai grafikus műszaki tervezői, digitális térképkészítési és térinformatikai szoftverpiacon. A cég egyaránt foglalkozik CAD/GIS szoftverek értékesítésével, egyedi megoldások kifejlesztésével, digitális térképek feldolgozásával és térinformatikai adatelőkészítéssel. Az alkalmazott feldolgozási technológia alapját az Autodesk grafikus alapszoftverei képezik, amelyek hazai bevezetésében és elterjesztésében a cég mindvégig jelentős szerepet vállalt.

A CAD+Inform Kft. az Autodesk egyik legrégebbi hivatalos magyarországi partnere. Fejlesztőként tagja a regisztrált Autodesk alkalmazásfejlesztők hálózatának (ADN) is.

### **Digitális térképkészítés, térinformatikai adat előkészítés, egyedi fejlesztések**

A CAD+Inform Kft. a műszaki térinformatikára, azon belül elsősorban a közmű szakági nyilvántartások területére szakosodott. Legjellemzőbb vállalkozói tevékenysége a nyilvántartások alapjául szolgáló szakági és térképi adatok feldolgozása, digitális előállítás és átalakítása, attribútumokkal való feltöltése, a szakmai és az alkalmazott térinformatikai szoftver igényeinek megfelelő struktúrálása, topologizálása és adatbázisba történő migrálása, a változások átvezetése, továbbá az ehhez szükséges szoftver eszközök kifejlesztése.

Acégtöbb hazai nagyközműszolgáltató hagyományos szakági nyilvántartásának digitális átalakítását, és térinformatikai felhasználásra való alkalmassá tételét végezte el az elmúlt időszakban. A nyilvántartói munka zökkenőmentes átállásához és a szakági térképek vállalaton belüli felhasználásához biztosította azt a felhasználói szoftver környezetet, karbantartó és publikáló eszközöket is, amellyel a nyilvántartás digitálisan is tovább üzemeltethető, az adatállományok konzisztenciájának és naprakészségének megtartásával, a változások szakszerű átvezetésével.

Acégtevékenységén belül speciális részterület a földhivatali térképek információ technológiai javítása, hibaszűrése, és strukturálása a szakági nyilvántartásban történő számítógépes felhasználhatóság biztosítása érdekében.

Az utóbbi évek gyakori jogszabályi változásainak következtében, a közmű vállalatokkal szemben támasztott változó-, sokszor egyedi adat igények kiszolgálására, az ügyfelek gyakran bízzák meg a céget speciális elemzésekkel, célirányos adatfeldolgozásra alkalmas fejlesztésekkel, amire az alkalmazott nyilvántartói rendszer eredetileg nem volt felkészítve.

Mindezen tevékenységek és fejlesztések elsődleges alapszoftver az AutoCAD Map 3D és az adatok térinformatikai megjelenítést támogató Autodesk Infrastructure Map Server szoftverek.

## **Grafikus nyilvántartások szkennelése, archiválása**

A CAD+Inform Kft. a szakági nyilvántartások digitális átalakítása előtt, vagy annak részeként, vállalkozik a hagyományos papír alapú nyilvántartások átalakítás kori állapotának rögzítésére, archiválására, és az archívum tartalom szerinti kereshetőségének biztosítására. Az archiválás fontos lépés a digitális nyilvántartásra történő zökkenőmentes áttérés, és az adat elérés folytonosságának fenntartása érdekében. A folytonosság kiterjed a digitális állapot előtti időszakra is. Az archiválás közben, az ügyfél kérésére megtörténik a hagyományos raszter állományok georeferálása is, ami állományi szinten biztosítja az archívum földrajzi helyhez kötött kereshetőségét és megjelenítését is.

## **Építőmérnöki szakirány**

A CAD+Inform Kft. saját fejlesztésű szoftver termékkel is jelen van a hazai építőmérnöki szoftver piacon. Az AutoCAD Map 3D és AutoCAD Civil 3D grafikus alapkörnyezetre kifejlesztett C+I Közműhálózat Tervező Rendszer, a hazai építőmérnökök számára ma már meghatározó eszköz a víz-, gáz-, csatorna- és csapadék közműhálózatok tervezésében.

## **Oktatás**

A CAD+Inform Kft. teljes körű képzést biztosít az általa forgalmazott Autodesk szoftverekhez. A kurzusok egy részét a nagyobb felhasználó vállalatok foglalják le, saját szakembereik szakmai képzésére. A zártkörű képzések mellett a cég rendszeresen indít hirdetett tanfolyamokat is, melyekre a kisebb felhasználók is jelentkezhetnek.

### **CAD+Inform**

Mérnöki, Szoftverfejlesztő, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

4031 Debrecen, István út 6.

Tel: 52-522-730, Fax: 52-452-685

[cad.inform@cadi.hu](mailto:cad.inform@cadi.hu)

[www.cadinform.hu](http://www.cadinform.hu)





**GEODÉZIA**

GEODÉZIAI ÉS TÉRKÉPÉSZETI ZRT.

SINCE 1951

## SZOLGÁLTATÁSOK

---

Modern térképészeti és  
földmérési megoldások

Térinformatikai  
rendszerek

Specifikus probléma-  
megoldások

**65 ÉV FÖLDMÉRÉSI  
TAPASZTALAT**

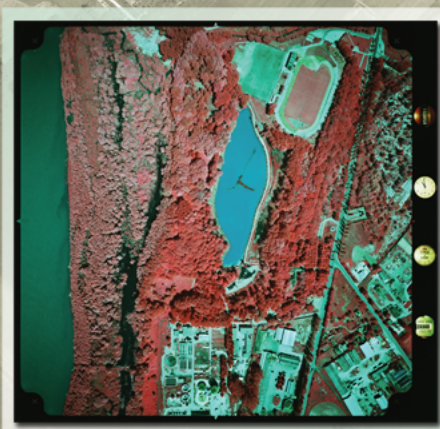
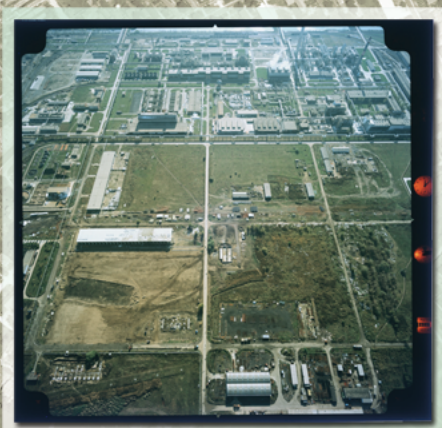






# fentről.hu

**DIGITÁLIS LÉGIFELVÉTEL ARCHÍVUM  
ONLINE SZOLGÁLTATÁSA**



- **Már színes légifelvételek is elérhetők!**
- Ingyenesen letölthető teljes felbontású fényképek, ingyenes georeferencia információk, metaadatok
- Ortofotó készítés egyedi megállapodás szerint
- Közel 100 000 db légifelvétel található az oldalon
- Félévente ~ 10 000 új légifelvétel szkennelése és feltöltése

Növekszik a helyesen georeferált felvételek aránya.  
Köszönjük a légifelvételek szerkesztőinek közreműködését!



**FÖLDMÉRÉSI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI INTÉZET**

1149 Budapest, Bosnyák tér 5.

Telefon: (+36 1) 222 5101, Fax: (+36 1) 222 5112

Call center: (+36 1) 460 1310

www.fentrol.hu, e-mail: fentrol@fentrol.hu

www.fomi.hu, info@fomi.hu

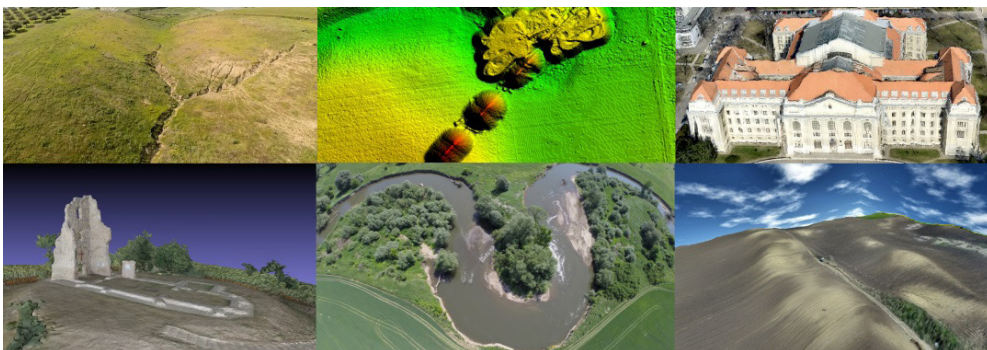






## UAS rendszerek használata a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékén

Tanszékünk 2013 óta foglalkozik kiskamerás légifényképezéssel. A kezdeti időszakban főként a módszer által előállított termékek, azaz a digitális felszínmodellek és az ortofotók pontosságának vizsgálatát végeztük. Ennek keretében elemzéseket folytattunk oly módon, hogy eltérő paraméterekkel elvégzett fényképezések alapján generált modellek és ortofotók pontosságát vetettük össze saját, nagy pontosságú terepi méréseinkkel. A változtatott paraméterek a repülési magasság, a referenciapontok száma, és a felszín egyes tulajdonságai (pl. lejtés, felszínborítás) voltak. Mára a pontosságvizsgálat körét jelentősen kibővítettük, és legújabb méréseinket egy 15 hektáros területen végezzük, ahol 200 ponton vizsgáljuk a hiba mértékét, X, Y és Z irányokban.



Ugyancsak az UAV-rendszerre épül azon kutatásunk, amely a megújuló erőforrások vizsgálatához kötődik. Az elmúlt évben egy félautomata módszert dolgoztunk ki a beépített területek tetőfelületi napenergia-potenciáljának számítására, eredményeinket pedig több, nemzetközileg elismert folyóiratban publikáltuk.

Az UAS rendszerek számos témakör vizsgálatában nyújthatnak segítséget: ökológia (szikes élőhelyek infravörös térképezése, tavak víztartalmának kiszámítása, élőlények térképezése), régészet (zeleméri Árpád-kori templomrom felmérése), beépített területek monitoringja (épületek bontása, építése, valamint épületek vizsgálata és modellezése), mezőgazdaság (szicíliai területek talajeróziójának a detektálása, hazai mezőgazdasági területek talajadottságainak vizsgálata), ipari felhasználások (deponált anyagok köbtartalmának mérése) és hazai folyók medervándorlásának detektálása (Sajó). Ezek közül több olyan témakörben értünk el sikereket, mely széles közönséget is érint (pl. Sajó medervándorlása).

<http://geogis.detek.unideb.hu>

[www.facebook.com/dettk.geogis](http://www.facebook.com/dettk.geogis)

# Leica DISTO™ S910

Mérés határok nélkül



## Mérés határok nélkül a forradalmi P2P Technológiával

A Leica DISTO™ S910 a világon az első lézeres távolságmérő, ami a forradalmi **Ponttól a Pontig** Technológiát használja. Mérjen fel egy homlokzatot akár az utcáról, vagy a szomszéd épületből. Továbbítsa mérési eredményeit számítógépére Wi-Fi-n keresztül, vagy tárolja az eszközön DXF formátumban, és töltsse le később, a beépített USB csatlakozó segítségével. CAD-szoftverébe beolvasva azonnal dolgozhat digitalizált mérési eredményeivel, így kihagyhatja a felmérési rajzok feldolgozásának hosszadalmas folyamatát, amivel időt és pénzt takarít meg.

### Sajátosságok:

- Beépített Smart Base a P2P Technológiához
- Célkereső kamera 4x zoom-mal a tökéletes célpont befogásához
- X-Range Power Technológia a professzionális mérési teljesítmény érdekében
- 360°-os dőlésérzékelő
- DXF adattárolás
- Valós idejű adattovábbítás Wi-Fi segítségével
- Bluetooth® Smart technológia
- Ingyenes Alkalmazás – *Leica DISTO™ Sketch* – a vázlatrajzai elkészítéséhez



- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems

## Leica Zeno 20

Több mint GPS! Több mint GIS!



### Környezet

A Zeno 20 kompakt térinformatikai kézi adatgyűjtő, a kategória legnagyobb (4.7") és legjobban látható kijelzőjével. IP67 minősítésű, ellenáll a pornak és a víznek, de ha leesik sincs probléma.



### gamtec

Tágítsa ki a GNSS rendszer korlátait és növelje a termelékenységét! A gamtec két nagyszerű terméket egyesít, a Zeno 20-at és a DISTO™ S910 készüléket annak érdekében, hogy ott is nagy pontossággal dolgozhasson, ahol a GNSS technológia már nem tudna működni.



### Operációs rendszer

Akár az Android, akár a Windows Embedded Handheld operációs rendszert választják, a felhasználók hozzáadhatják kedvenc mobil alkalmazásait, mint pl. a Zeno Mobile, Zeno Field vagy más, harmadik fél által kifejlesztett szoftvert, hogy teljes szabadságot élvezhessenek a szoftver oldalon.



- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

# ArcGIS®

## Minden döntéshez térinformatikát



Az ArcGIS® platformmal összekötött térképek, alkalmazások és adatok segítségével, Ön okosabb és gyorsabb döntéseket hozhat. Segítségével a szervezet minden tagja képes használni, készíteni és megosztani térképeket bármilyen eszközről, bárhol és bármikor.

[www.gdiesri.hu](http://www.gdiesri.hu)



**Kapcsolat**  
GDI Esri Magyarország  
1134 Budapest Váci út 33.  
9. emelet  
+36 1 428 8040  
+36 1 428 8042  
[sales@gdiesri.hu](mailto:sales@gdiesri.hu)  
[www.gdiesri.hu](http://www.gdiesri.hu)

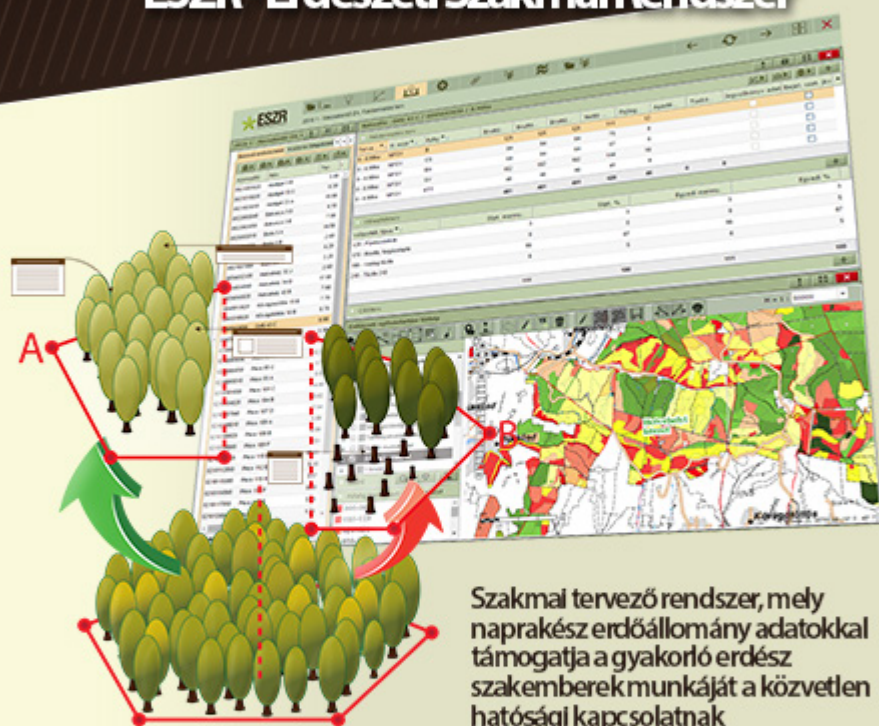




**ESZR**  
ERDÉSZETI SZAKMAI RENDSZER



## ESZR - Erdészeti Szakmai Rendszer



Szakmai tervező rendszer, mely naprakész erdőállomány adatokkal támogatja a gyakorló erdész szakemberek munkáját a közvetlen hatósági kapcsolatnak köszönhetően.



ANDROID

**TERI - Terepi Erdészeti Információs rendszer**



ANDROID

**ETA - Erdészeti terepi adatrögzítő alkalmazás**



- Űrfelvételek forgalmazása: DigitalGlobe, WorldView, GeoEye, RapidEye, Planet Labs, RADARSAT
- Képfeldolgozó szoftverek: ENVI szoftvercsalád, SARscape
- Fotogrammetria: Trimble INPHO, UASMaster termékek
- Képszegmentálás: Trimble eCognition szoftverek
- Digitális térképek: HERE Platform és térképek
- Adatkonverzió: Safe Software, FME eszközök



Authorized ENVI Distributor



**[www.geoiq.hu](http://www.geoiq.hu)**

+36 26 346 019

+36 30 931 0626

2098 Pilisszentkereszt, Kakashegy utca 56.

**Szolíd árak, transzparencia, s az iparág vezető szoftverei.**

# SZPONZOROK ÉS KIÁLLÍTÓK



CAD  $\neq$  Inform





